LAURA MERSINI-HOUGHTON

ÎNAINTE DE BIG BANG

ORIGINEA UNIVERSULUI ȘI CE SE AFLĂ DINCOLO DE EL

„O explorare entuziastă a începuturilor universului."

KIRKUS REVIEWS

TREI

Laura Mersini-Houghton

Înainte de Big Bang

Originea Universului şi ce se află dincolo de el

Fiicei mele, Grace, şi tatălui meu

Poarta lui Pluto cel negru deschisă-i şi ziua, şi noaptea. Însă ieşirea la lumea de sus şi re-ntoarcerea-n lume, Asta e greul şi primejdia...

Virgiliu, *Eneida*[1]

Prolog
Universul meu albanez

Albania, ţinutul în care m-am născut, este o ţară frumoasă situată la ţărmul Mării Adriatice, cu un popor foarte cumsecade, dar cu un trecut extrem de crud. Găzduind mai puţin de trei milioane de oameni, are o suprafaţă de aproape 29 de mii de kilometri pătraţi, fiind doar ceva mai întinsă decât statul New Jersey şi cam cât jumătate din Irlanda. Totuşi, în timpul copilăriei mele, guvernul său totalitar voia să credem că noi, albanezii, locuim în centrul cosmosului.

Până în 1991, când regimul comunist al Albaniei a

[1] Virgiliu, *Eneida,* traducere de George Coşbuc, Bucureşti, Univers: 1980 *(n. trad.).*

luat-o pe urmele fostului său aliat Uniunea Sovietică, spre lada de gunoi a istoriei, ţara mea a fost Coreea de Nord a Europei: săracă, paranoică şi izolată complet de restul lumii. Să privim dincolo de gardurile din sârmă ghimpată de la graniţe era cu desăvârşire interzis de către guvernul atotputernic, care zdrobea orice disidenţă prin exil intern, muncă grea şi pedeapsa cu moartea. Statul a construit şi a menţinut sute de mii de buncăre din beton-armat împrăştiate în toată ţara pentru a se proteja împotriva „ameninţării anglo-americane". A închis şi persecutat multe mii de albanezi în lagăre construite după modelul gulagurilor lui Stalin. Străinii nu erau bineveniţi, iar albanezilor nu li se permitea să călătorească în străinătate. În ţară, guvernul decidea unde şi cum puteai să locuieşti. Manifestările de individualism erau pedepsite.

Singurul loc accesibil pentru noi era cerul presărat cu stele. Statul nu putea să ne împiedice să privim în sus. Încă de mic copil, evadam printre aştri.

Printr-un mare noroc, am avut o ocazie pe care alţii n-au avut-o. Mama lucra la Liga Scriitorilor şi Artiştilor din Albania, o organizaţie pentru artiştii plastici, scriitori şi compozitori. Acolo exista o bibliotecă deosebită, unde aveam acces la cărţi în engleză, clasificate de stat ca literatură occidentală interzisă, la care albanezii de rând nu puteau ajunge. Prin

intermediul acestor cărţi, am călătorit în toate colţurile lumii. Dar nu puteam să-mi împărtăşesc visurile cu nimeni altcineva decât cu părinţii mei.

Anticipând frustrarea pe care restricţiile o generează în mintea unui copil curios, tatăl meu a născocit moduri inteligente de folosire a cărţilor, artei şi muzicii ca să-mi canalizeze curiozitatea şi să-mi sporească rezilienţa mintală. Muzica clasică a devenit limbajul nostru criptat, un cod cu ajutorul căruia puteam să evadăm din circumstanţele noastre cotidiene şi să ne împărtăşim contemplările legate de frumuseţea universului.

În ochii guvernului comunist albanez, tatăl meu avea o „biografie nesănătoasă" – în epoca de dinaintea comuniştilor, cei din familia lui deţinuseră, generaţii de-a rândul, pământuri şi, din acest motiv, au fost mereu persecutaţi. Bunica mea nu şi-a văzut fraţii până în 1991; unul dintre ei fusese întemniţat aproape cincizeci de ani. Alte rude au fost trimise cu forţa în lagăre, împuşcate sau exilate. Un văr primar al tatălui meu, un inginer care lucrase la un proiect de asanare a mlaştinilor din Albania după Al Doilea Război Mondial, a fost luat din locuinţa lui în anii 1970, împuşcat mortal şi aruncat pe cine ştie unde. După două decenii, familia i-a găsit cadavrul la Facultatea de Medicină din Tirana, unde fusese perfect conservat în

formaldehidă şi era folosit ca material didactic la cursurile de anatomie. La acea dată, fraţii şi verii persoanei decedate trecuseră de 70 de ani, dar cadavrul pe care l-au găsit rămăsese cu înfăţişarea bărbatului de 30 şi ceva de ani. În cele din urmă, în 1997, a ajuns să fie înmormântat cum se cuvine.

Tatăl meu s-a descurcat mai bine decât vărul său; a fost exilat temporar. Asta s-a întâmplat de mai multe ori în timpul copilăriei mele. Primul lui exil a avut loc când aveam cinci ani şi a fost provocat de o scrisoare.

Pe atunci, tata era profesor de econometrică la Universitatea din Tirana. Lucrase la o problemă matematică dificilă, care avea aplicaţii importante în domenii diverse, de la economie la astronomie. Problema implica inversele unor matrice foarte mari şi foarte rarefiate, care seamănă cu nişte foi de calcul cu sute de rânduri şi coloane, dar în care majoritatea intrărilor sunt zero. Această realizare i-a adus o invitaţie din partea Universităţii Oxford din Marea Britanie – i s-au oferit şase luni de vacanţă sabatică pentru a discuta noul său algoritm. Dar scrisoarea n-a ajuns niciodată la el. A fost interceptată de guvernul albanez.

În loc să viziteze Oxfordul, tatăl meu şi-a început exilul la începutul anului universitar, chiar în prima mea zi de şcoală. În dimineaţa aceea, m-a dus la şcoală

în noua mea uniformă, ţinând într-o mână buchetul de flori pentru învăţătoare, ca şi cum totul era în regulă. Dar, fiindcă auzisem discuţiile purtate în şoaptă de părinţii mei, ştiam că nu va veni să mă ia de la şcoală nici în acea după-amiază, nici în multe altele după aceea. Cu toate acestea, m-am prefăcut entuziasmată, astfel încât deznădejdea pe care o simţeam să nu fie ultima imagine pe care tata s-o poarte cu el în exil.

Mama mea şi cu mine trecuserăm deja printr-o adevărată dramă în lunile precedente, o perioadă tulbure în care tatăl meu fusese supus unui proces denumit eufemistic „dezbatere ideologică", care de fapt era un proces în urma căruia avea să i se decidă soarta şi pedeapsa. În Albania acelor vremuri, nu existau avocaţi ai apărării sau procese adevărate; scopul „dezbaterii" era să-i facă pe colegii profesori şi pe angajaţii universităţii să-i demonstreze tatălui meu că primirea unei invitaţii de la Oxford însemna că se afla într-o eroare ideologică şi, în consecinţă, trebuia pedepsit şi reabilitat. Acest simulacru a continuat zi de zi, vreme de două săptămâni, adesea până la miezul nopţii. La finalul dezbaterii, urma să fie luată o decizie privind pedeapsa ce avea să i se aplice, care putea fi orice: de la închisoare la exil şi până la pedeapsa cu moartea.

Nu ştiam cât avea să dureze dezbaterea şi nici ce

decizie urma să se ia. Împreună cu mama, aşteptam în fiecare seară cu luminile stinse şi feţele lipite de geam, sperând să auzim paşii tatei înainte de următorul ticăit al ceasului de perete; nu aveam voie să ne manifestăm deschis afecţiunea faţă de cineva care era anchetat de partid. Dar amintirea terorii pe care o simţeam până când auzeam în sfârşit sunetul paşilor lui şi îi simţeam căldura îmbrăţişării după ce închidea uşa de la intrare continuă să mă înfioare până în adâncul fiinţei mele.

În acea primă zi de şcoală, copiii erau adunaţi în curte. Rând pe rând, erau strigaţi pe nume şi trimişi în grupuri mai mici, unde făceau cunoştinţă cu învăţătoarele lor. Pe învăţătoarea mea o chema Shpresa, care înseamnă „speranţă" în albaneză. După ce i-am dat florile, m-am prefăcut că vorbesc cu ceilalţi copii, dar cu coada ochiului îl urmăream pe tata care se îndepărta încet de gardul şcolii. N-am îndrăznit să întorc capul. Îmi amintesc privirea lui pierdută şi profund melancolică din clipa în care s-a mai uitat o dată înapoi până să dispară după colţ. Nu ştiam când sau dacă îl voi mai vedea vreodată.

În cele din urmă, i-au dat voie să vină acasă câte un weekend pe lună. (în final, după doi ani, cei din guvern şi-au dat seama că aveau nevoie din nou de competenţa lui, aşa că a fost eliberat şi reangajat la Academia de Ştiinţă.) în acele vizite scurte mi-a împărtăşit câteva

dintre lecţiile lui cele mai durabile – mostre de înţelepciune nocturnă pe care aveam să le port cu mine în călătoria mea prin întuneric.

În zilele acelea, Radio Tirana difuza în fiecare sâmbătă, la ora 23, un program de muzică clasică lung de o oră. În timpul vizitelor sale, ignorând protestele mamei, tata mă trezea cu puţin înainte de începerea programului. În liniştea nopţii, ascultam împreună notele divine care se strecurau în sufragerie din ceea ce părea a fi cealaltă parte a universului, venite dintr-un alt spaţiu şi alt timp. Comentariile pe care le rostea în şoaptă peste muzică în timpul acestor interludii mi-au hrănit admiraţia pe care am simţit-o toată viaţa pentru ingeniozitatea şi realizările umane.

Într-una din acele seri de sâmbătă, selecţia a fost Bach. *Toccata şi Fuga în re minor* era lucrarea preferată a tatei, în vreme ce a mea a devenit *Concertul Brandenburgic nr. 3.* „Şşt! Ascultă partea asta", spunea el. „Stă chiar în adâncul condiţiei şi ai nefericirii umane. Te leagănă uşor în timp ce se rostogoleşte în jos, apoi şi mai jos şi tot mai jos până când ajunge la fund. Dar ascultă... şi poţi să auzi – Bach nu e tulburat. Este întru totul senin, chiar şi în momentele lui cele mai întunecate. Poţi să simţi seninătatea din tristeţea lui? E cât se poate de familiarizat cu condiţia umană şi emoţiile contrastante ale suferinţei şi fericirii. Ştie că

atât supărările, cât şi bucuriile fac parte din viaţă."

„Este liniştit", a continuat tatăl meu, „pentru că este conştient de sursa problemei sale: muzica lui există în afara timpului, iar geniul său este înaintea epocii sale. Dar el şi-a făcut alegerea. A decis să ridice ştacheta şi mai sus, să producă frumuseţe pentru eternitate, fără a ţine seamă de ceea ce i-ar putea încânta pe ascultătorii contemporani. Când îşi compunea lucrările, era însufleţit de o chemare superioară, una care venea din lăuntrul său."

Apoi, despre allegro. „Şi acum, ascultă... ascultă, poţi să auzi asta?" Dintr-odată, notele se înălţau, îndepărtând cu blândeţe valurile de tristeţe.

După ce programul muzical se încheia, tata îmi explica: „Vezi tu, Bach ştie că a creat ceva deosebit. Multe ţări au regi, regine, dictatori la un moment dat sau altul al istoriei lor. Bach, Beethoven şi mulţi alţi mari compozitori, matematicieni şi oameni de ştiinţă lucrau pentru aceşti conducători. Dar nu erau limitaţi de poziţia lor. Erau animaţi de propria pasiune să creeze capodopere. Munca lor i-a făcut să fie liberi. Căci numai cărţile, arta, muzica şi descoperirile au darul de a ne înălţa spre starea de fiinţe umane cu adevărat libere. Şi tu poţi alege să te înconjori cu acest tezaur al cunoaşterii şi creativităţii".

Nici eu, nici tatăl meu nu eram muzicieni, dar pentru noi investigaţia ştiinţifică a fost la fel de înrâuritoare ca şi muzica lui Bach. Într-adevăr, aceste conversaţii purtate în şoaptă mi-au servit drept prime surse de inspiraţie pentru propria călătorie ştiinţifică. Dar au fost şi alte influenţe timpurii. Poate că îndoctrinarea la care am fost martoră în timpul copilăriei petrecute în Albania a dăltuit în personalitatea mea dorinţa de a căuta răspunsuri, pentru mine însămi, prin aplicarea logicii şi a experimentelor, chiar dacă uneori asta însemna să mă împotrivesc convingerilor convenţionale. Însă acea curiozitate m-a purtat într-o odisee chiar mai spectaculoasă decât ne-am fi putut imagina eu sau tatăl meu: căutarea funcţionării fundamentale şi a frumuseţii criptate matematic ale universului.

Astăzi locuiesc în Statele Unite ale Americii şi sunt profesor de fizică teoretică şi cosmologie la Universitatea din Carolina de Nord. Originea universului constituie acum un subiect central al cosmologiei şi unul dintre domeniile mele principale de studiu. Şi pot să caut răspunsuri pentru că, din fericire, în mediul universitar occidental, nicio întrebare nu este interzisă, nici măcar cele mai mari două întrebări cosmologice ale epocii noastre: care este originea universului nostru şi ce se află dincolo de el?

Încă din perioada studenţiei, am fost fascinată de prima întrebare, veche de când lumea: dacă universul nostru n-a existat dintotdeauna, cum a început? Cu timpul, asta m-a condus la întrebările următoare: ce se afla aici înainte de naşterea universului şi ce ar putea fi dincolo de marginile sale?

Aceste întrebări au fost urmate de cea mai radicală întrebare: suntem oare un singur univers, o Albanie cosmică cu lumea sfârşindu-se la graniţele noastre, sau facem parte dintr-un cosmos mai mare, gazdă a mai multor universuri – un multivers, în care universul nostru e doar un membru umil?

Folosind cele mai noi descoperiri din fizica teoretică, am dezvoltat şi am deschis calea spre o teorie care să explice crearea universului. Această teorie a oferit pentru prima oară un răspuns la problema originii noastre improbabile. Dar în acelaşi timp a mers mai departe, permiţându-ne să întrezărim vastul multivers în care se situează universul nostru.

Un loc central în teoria mea îl are ideea potrivit căreia facem parte dintr-un multivers – că există şi alte universuri în afară de al nostru. Pentru mulţi critici, conceptul de multivers este pur speculativ, un zbor al fanteziei teoretice, care nu poate fi testat niciodată şi, în consecinţă, este inutil din punct de vedere ştiinţific. Dar, ca rezultat al teoriei mele, am reuşit să

demonstrăm că lucrurile stau exact pe dos.

La începutul anilor 2000, aplicând legile fizicii cuantice (cum ar fi interacţiunea dintre universurile din multivers ca urmare a fenomenului numit inseparabilitate cuantică) la problema originii universului, împreună cu colaboratorii mei am dedus o serie de predicţii din teoria noastră. Predicţiile noastre au demonstrat modul în care putem întrezări lumea de dincolo de limitele universului nostru şi să-i putem găsi amprentele gravate chiar aici, pe cerul nostru.

Luate laolaltă, teoria noastră şi predicţiile ei testabile au arătat că răspunsul la întrebarea privind originea universului nostru poate fi determinat ştiinţific, iar existenţa multiversului este de fapt verificabilă. Desigur, aceste teste se bazează în mod necesar pe dovezi indirecte şi nu pe unele directe, pentru că nu vom reuşi niciodată să ne deplasăm dincolo de punctul fără întoarcere – orizontul universului nostru, distanţa de la care nici măcar lumina nu poate ajunge la noi – pentru a obţine tipul de dovezi incontestabile care i-ar satisface pe toţi scepticii. Dar, lucrând cu dovezile pe care le avem la dispoziţie, tot putem afla o mulţime de lucruri despre naşterea cosmosului. Şi rămâne adevărat faptul că aproape toate anomaliile pe care le-am prezis sunt acum observate pe cerurile noastre îndepărtate.

Ideea că nu trăim într-un univers unic, ci într-un multivers a fost lansată de filosofi încă din Antichitate. De la primele forme de civilizaţie, oamenii s-au întrebat cum a început universul, cum se va sfârşi şi ce ar putea să se afle dincolo de acesta. Multe dintre întrebările fundamentale ale omenirii despre univers au cunoscut puţine schimbări de-a lungul mileniilor.

Posibilitatea lumilor multiple a fost introdusă în gândirea occidentală sub influenţa atomiştilor din Grecia antică. Atomiştii credeau că lumea este alcătuită din aglomerări de materie indivizibile (atomi) şi spaţiu gol (vid) prin care respectivii atomi se mişcă. În viziunea lor, o mulţime de atomi care se mişcă în vid se grupează pentru a forma obiecte mai mari, cum ar fi stele, planete şi, în sfârşit, întregul univers. Pentru că există un număr infinit de atomi şi viduri, acest proces poate fi repetat încontinuu pentru a forma mai multe universuri.

Principala diferenţă – şi este una esenţială – dintre aceşti primi gânditori şi oamenii de ştiinţă din zilele noastre este că, în ultimele câteva secole, cunoştinţele acumulate despre teoriile naturii şi progresul tehnologic ne-au permis să efectuăm investigaţii ştiinţifice, şi să le supunem testelor observaţionale, asupra a ceea ce altădată fuseseră doar nişte idei pur filosofice. Oamenii de ştiinţă pot acum să determine şi

să testeze ceea ce generaţiile anterioare puteau doar să-şi imagineze.

Ceea ce descoperim în urma acestor progrese teoretice şi observaţionale este pe cale să răstoarne secole de gândire *mainstream.* În acelaşi timp, rezultatele noastre pun sub semnul întrebării visul, atât de mult timp preţuit de fizicieni, de descoperire a unui plan detaliat al unui cosmos care să conţină un singur univers – un vis al multora dintre cele mai strălucite minţi ale fizicii teoretice din secolul XX şi începutul secolului XXI, printre care s-a numărat şi Albert Einstein.

Mulţumită în parte activităţii noastre, ideea că universul nostru nu este unic, ci aparţine unei familii cosmice mult mai cuprinzătoare – multiversul – s-a mutat de curând de la periferia cosmologiei spre curentul ştiinţific principal. Cum s-a întâmplat asta şi cum ideea de multivers a ajuns să fie acceptată constituie povestea centrală a acestei cărţi.

De ce este importantă originea universului nostru? La drept vorbind, mulţi oameni de ştiinţă cercetează universul şi originea sa din pură curiozitate, fără să se aştepte la aplicaţii imediate, practice. Ca să folosesc o distincţie pe care mulţi dintre aceşti cercetători o folosesc, prin tradiţie, originea universului nostru a fost domeniul ştiinţei pure, nu al ştiinţei aplicate.

Evoluţia i-a antrenat pe oameni pentru demersul ştiinţific. Avem anumite trăsături speciale, precum curiozitatea copilărească şi dorinţa înnăscută de a înţelege mediul înconjurător, fapt ce a făcut ca specia noastră să dezvolte un creier mai mare în comparaţie cu ceilalţi locuitori ai Pământului. Aceste calităţi sunt reprezentări ale neoteniei, fenomenul prin care adulţii păstrează respectivele trăsături de-a lungul vieţii lor.

Ştiinţa pură şi ştiinţa aplicată au puncte focale diferite, dar între ele există o relaţie simbiotică. Ştiinţa aplicată nu poate exista fără descoperirile făcute de ştiinţa pură. Şi chiar dacă susţinătorii ştiinţei pure arată uneori dispreţ pentru ştiinţa aplicată şi implicit pentru aplicaţiile practice ale acesteia, istoria a demonstrat că, în mod inevitabil, ştiinţa pură conduce la aplicaţii practice care au darul de a ne transforma vieţile.

Circulă o poveste adevărată despre Michael Faraday, om de ştiinţă din secolul al XIX-lea, care a contribuit la descifrarea misterelor electromagnetismului. Într-o zi, ministrul de Finanţe britanic a vizitat laboratorul lui Faraday. La finalul vizitei, ministrul a spus: „Toate astea sunt teribil de impresionante, dar la ce folosesc?” Faraday a răspuns: „Nu ştiu, Sir, dar sunt sigur că într-o zi le veţi impozita”. Într-adevăr, astăzi, miliarde de oameni de pe planetă plătesc pentru electricitate şi nu s-ar putea descurca fără ea.

Dacă cineva l-ar fi întrebat pe Einstein la ce foloseşte teoria relativităţii, poate că ar fi răspuns la fel ca Faraday. Multe dintre produsele noastre de înaltă tehnologie, tot mai indispensabile, cum ar fi dispozitivele GPS, se bazează pe realizarea lui Einstein. Cartografierea creierului din neuroştiinţa modernă şi programele de comerţ electronic care guvernează piaţa bursei operează după acelaşi set de principii şi reguli cuantice pe care Einstein le folosea ca să explice mişcarea planetelor şi viteza luminii în univers. Curiozitatea umană legată de felul în care strălucesc stelele de pe cer ne-a oferit instrumentele pentru producerea energiei nucleare, pentru medicina nucleară şi (din păcate) pentru producerea armelor nucleare. Înţelegerea stelelor şi a formării structurilor din univers a condus la procesele de fuziune şi fisiune nucleară, care au potenţialul de a asigura energie verde aici pe Pământ. Internetul, Wi-Fi-ul, informatica şi toate dispozitivele electronice de care acum suntem dependenţi, precum şi bancomatele şi transferurile bancare wireless, aparatura de imagistică medicală şi echipamentele medicale moderne nu ar fi existat fără teoria mecanicii cuantice, la crearea căreia au contribuit Einstein şi fizicienii teoreticieni contemporani cu el.

Într-o bună zi, am putea să obţinem beneficii similare de pe urma descoperirilor legate de investigarea

multiversului. Cine ştie ce progrese tehnologice ar putea fi generate dacă am înţelege mai bine originile universului nostru? Cine ştie ce ingeniozitate şi creativitate ar putea fi descătuşate dacă am permite minţilor noastre să accepte o premisă care sfidează ortodoxia ştiinţifică veche de secole? Pe măsură ce aflăm mai multe despre adevărata funcţionare a cosmosului nostru, vom constata că în faţa noastră se deschid cele mai măreţe descoperiri ştiinţifice.

Să iei parte la această aventură ştiinţifică este în acelaşi timp intimidant şi înălţător. Dar, mai presus de toate, este un proces care te inspiră – unul pe care îmi propun să-l împărtăşesc cu voi acum. În paginile care urmează, îmi voi descrie călătoria personală printre minunăţiile cosmosului, în căutarea unui răspuns pentru originile noastre şi a dovezilor legate de familia noastră cosmică mai vastă, multiversul. La fel cum altădată am răsturnat credinţa că Pământul se află în centrul universului, cu Soarele, Luna, planetele şi stelele rotindu-se în jurul căminului nostru planetar, retrogradăm acum universul nostru din locul său istoric din centrul cosmosului. Procedând astfel, rescriem povestea originilor noastre.

1
Este universul nostru special?

De-a lungul anilor, am văzut o mulţime de aeroporturi din toată lumea, dar în memoria mea Aeroportul Maica Tereza din Tirana se profilează ca fiind cel mai mare. A fost locul în care călătoria mea ştiinţifică a prins aripi, la propriu.

În ianuarie 1994, am părăsit viaţa mea îngrădită din Albania pentru una nouă în Statele Unite ale Americii. Am urmat un traseu pe care nici nu mi-l putusem imagina până atunci: am câştigat o bursă completă pentru a studia la o universitate americană.

Cu câţiva ani înainte, când Albania începuse să se scuture de lanţurile comunismului, ambasada SUA şi Centrul Cultural American şi-au redeschis uşile, care fuseseră zăvorâte aproape cincizeci de ani. Curând după aceea, Statele Unite au pus la dispoziţia albanezilor Programul de Burse Fulbright. Eu mă pregăteam să absolv Universitatea din Tirana cu o licenţă în fizică şi trebuia să mă hotărăsc ce-aveam să fac în continuare cu viaţa şi cu cariera mea. Ştiam că voiam să urmez cursuri pentru obţinerea unei diplome academice, dar sistemul educaţional albanez nu oferea programe de doctorat în fizică. Singura posibilitate ar fi fost să studiez peste hotare.

Programul Fulbright a fost foarte mediatizat, iar studenţii au fost îndemnaţi să se înscrie. Pornind de la experienţa mea din Albania, potrivit căreia meritele aveau o pondere foarte mică, spre deosebire de relaţiile politice care însemnau totul, ideea că o persoană ca mine poate primi o bursă de studii în Statele Unite doar prin completarea unei cereri şi trecerea câtorva teste standardizate mi s-a părut ceva prea frumos ca să fie adevărat. Îndemnată de prietenii mei, am completat formularele, dar fără prea multe speranţe, aşa că am fost de-a dreptul şocată când, după câteva luni, am primit o scrisoare în care eram felicitată pentru câştigarea unei burse Fulbright ca să studiez fizică avansată timp de un an la Universitatea Maryland din College Park. A fost prima bursă Fulbright acordată unui albanez pentru Ştiinţă. De asemenea, a fost prima mea experienţă cu imparţialitatea sistemului american bazat pe merite.

Părinţii şi fratele meu m-au însoţit la aeroport ca să-şi ia rămas-bun. Pe lângă matematică şi familie, celelalte două pasiuni ale tatălui meu erau alpinismul şi şahul. În timp ce ochii mamei şi ai fratelui meu erau inundaţi de lacrimi, tata nu s-a putut abţine şi mi-a mai dat câteva ultime sfaturi: „Ştiinţa cu adevărat bună seamănă cu căţărarea pe un munte”, a spus el. „Ai nevoie de deprinderi excelente, de energie şi curaj

pentru a nu-ţi compromite niciodată integritatea ştiinţifică. Dar priveliştea de pe vârf este uluitoare şi merită sacrificiul." A mai spus că, la fel ca în şah, dacă vrei să faci lucrurile bine, trebuie să fii cu cel puţin trei mutări înaintea oponentului tău. „Trebuie să anticipezi şi să fii pregătit pentru ceea ce poate merge prost, nu doar la prima mutare, ci şi la oricare dintre combinaţiile şi consecinţele posibile ale celei de-a doua şi celei de-a treia mutări." Prin asta, voia să spună că va trebui să-mi examinez cu rigurozitate ideile şi dacă ele sunt sau nu în acord cu imaginea de ansamblu, astfel încât să pot anticipa ce ar putea merge prost.

Când ne-am îmbrăţişat, a început deja să mi se facă dor de ei. Tata m-a luat deoparte, s-a uitat la mine şi, cu o voce şovăielnică, mi-a spus ceea ce numai părinţii sunt capabili să le spună copiilor lor: „Nu te uita în urmă. Noi o să fim bine".

M-am îmbarcat în avionul companiei Swissair, întrebându-mă cum o să fie noua mea viaţă într-o ţară în care nu cunoşteam pe nimeni, aflată la o depărtare de o mare şi un ocean de casa copilăriei mele. Nu aveam cum să întrevăd că anul de studii finanţate de bursa Fulbright avea să-mi aducă acceptarea într-o şcoală doctorală americană şi, de acolo, ceea ce a devenit apoi viaţa mea: o viaţă de studiu. Nici n-aveam cum să ghicesc că Statele Unite vor deveni noua mea

patrie.

Ceaţa învăluia avionul şi acoperea pământul în timp ce aterizam pe Aeroportul Internaţional Baltimore/Washington. Am trecut de controlul vamal şi am găsit pe cineva de la Biroul Universităţii Maryland pentru Studenţi Internaţionali şi Servicii de Bursă care venise să mă întâmpine. Afară, fulgi mari de zăpadă cădeau necontenit. Până când am ajuns la un hotel din apropierea campusului, zăpada devenise zgrunţuroasă, iar furtuna se transformase într-un viscol de proporţii istorice. Toate aeroporturile, capitala Washington, DC, totul se oprise în loc. Seara se apropia, iar eu priveam zăpada care cădea rapid şi drumurile îngheţate care licăreau straniu sub luminile stradale.

Prima săptămână în State mi-am petrecut-o hrănindu-mă cu gogoşi americane şi bând cafea la filtru, pe care hotelul o oferea cu amabilitate tuturor clienţilor săi blocaţi acolo. Clipele de contemplare tăcută împletite cu acelea de minunare pe care le-am trăit în acea primă săptămână (alături de dulceaţa oferită de toate acele gogoşi) reprezintă o metaforă potrivită pentru noua mea viaţă în America.

Multe lucruri par evidente când priveşti în urmă, dar trebuie s-o spun, nu am devenit fizician în mod firesc.

Ca elevă de liceu în Albania, nu reuşisem să mă decid dacă să urmez fizica sau matematica la Universitatea din Tirana până cu o săptămână înainte de termenul limită de selecţie. Mie îmi plăceau amândouă. Am concurat la olimpiadele naţionale la ambele materii, sperând că aşa voi rezolva dilema. S-a întâmplat că le-am câştigat pe amândouă, ceea ce mi-a îngreunat şi mai mult alegerea. Aşa că am dat cu banul: cap, fizică; pajură, matematică. A ieşit cap.

Însă, deşi şansa m-a trimis pe calea fizicii, am ştiut întotdeauna că voiam să fiu în lumea cifrelor şi a ştiinţelor care folosesc matematica în mod explicit. La acea dată, în Albania, domeniile ştiinţelor sociale, economiei şi ştiinţelor umaniste erau în cea mai mare parte un pretext pentru propagarea dogmelor. Istoria era versiunea noastră naţională a miturilor şi basmelor comuniste şi până şi Facultatea de Drept fiinţa doar cu numele, pentru că nu existau avocaţi ai apărării. Pe mine, acele domenii nu mă atrăgeau deloc. Dar mulţi dintre studenţii care ajungeau la Ştiinţele naturale vedeau asta ca pe o pedeapsă. În glumă, clădirea în care se studiau matematica şi fizica era denumită „Palatul de Iarnă".

Mie îmi plăcea matematica tocmai pentru că ea este logică pură, iar precizia elimină în întregime ambiguitatea şi arbitrariul, o calitate rară în viaţa

albaneză. Îmi plăcea şi fizica la fel de mult, deoarece combină matematica cu creativitatea şi intuiţia şi, prin intermediul ideilor, aplică matematica într-un decor real. Am ajuns să-mi iau licenţa în fizică avansată, în cadrul a ceea ce se numea programul de cinci ani; dar din al doilea an, am decis să mă înscriu şi la programul de matematică.

Deţinerea unei diplome de matematică pe lângă cea de fizică n-ar fi avut nicio importanţă practică dacă, aşa cum părea probabil în acel moment, mi-aş fi petrecut viaţa profesională în Albania. Cu toate acestea, părinţii m-au sprijinit în decizia mea. Cred că mama a fost mulţumită că aveam să studiez pentru două licenţe şi nu-mi va mai rămâne timp pentru petreceri; la rândul său, tata era încântat că i-am împărtăşit pasiunea pentru matematică.

Prietenii mei din Albania considerau că a face matematică de plăcere era o nebunie, dar în SUA, după ce m-am mutat de la hotel într-un mic apartament şi am început să mă plimb prin campusul foarte întins de la UMD, m-am pomenit înconjurată de studenţi care erau la fel de pasionaţi de acest subiect şi erau tot atât de hotărâţi să valorifice la maximum oportunităţile educaţionale aflate la dispoziţia lor.

Facultatea de Fizică a Universităţii Maryland avea un program de doctorat foarte cuprinzător, care oferea un

număr neobişnuit de mare de cursuri avansate de fizică, alături de multe programe de cercetare, inclusiv grupuri de cercetare de clasă mondială în fizică teoretică. Pe durata bursei Fulbright, am profitat din plin de aceste oportunităţi şi m-am înscris la mult mai multe cursuri decât ar fi fost necesar. De asemenea, am depus cerere de admitere la Şcoala doctorală a UMD, ca să-mi pot continua studiile după terminarea bursei. Din fericire, am fost acceptată.

Dintre cei circa două sute de studenţi doctoranzi ai Universităţii Maryland, doar trei erau femei. Dar, exceptând această discriminare severă de gen, exista o mare diversitate. În aproape toată viaţa petrecută în Albania, până la căderea regimului, n-am văzut decât alţi albanezi; să fiu înconjurată de studenţi din atât de multe locuri şi din atâtea poziţii sociale a fost o experienţă nouă şi minunată. În mod clar, lumea era mai mare decât ceea ce văzusem eu până atunci.

În al doilea an petrecut la Maryland, mi-am dat seama că eram atrasă de marile întrebări despre univers, mai exact de fizica teoretică şi de cosmologie, studiul întregului univers adică, o disciplină de proporţii literalmente cosmice.

Fizicienii teoreticieni îşi propun să descifreze modul în care funcţionează natura, de la cea mai mică particulă ce poate fi imaginată până la sistemele cele

mai complicate. Facem asta lucrând cu legile curente ale naturii şi descoperind altele noi; folosind teorii testate şi, când este necesar, înlocuindu-le cu altele mai bune; şi rezolvând ecuaţiile matematice pe care se bazează aceste legi şi teorii pentru a dezlega următorul mister. Asemenea copiilor, ne place să punem întrebări, de la cele elementare la cele mai sofisticate; ne vin în cap idei scandaloase pe care apoi le examinăm fără milă şi le eliminăm pe cele mai multe dintre ele după ce le aplicăm rigoarea logicii şi testarea observaţională. Suntem cunoscuţi pentru lipsa deprinderilor practice cotidiene în comparaţie cu dragostea pentru deducţie logică şi sinteză.

La Maryland, m-am alăturat Grupului de Teorie Gravitaţională şi Cosmologie, unul dintre cele câteva grupuri conduse de cadrele didactice organizate în jurul anumitor domenii de cercetare. Grupurile includ participanţi la studiile postdoctorale şi studenţi. (Printre membrii grupului meu se număra Charles Misner, un celebru fizician care lucra la fundamentele gravitaţiei; a fost studentul lui John Wheeler şi fusese coleg de an cu Hugh Everett la Universitatea Princeton, cu ambii urmând a ne întâlni în cuprinsul acestei cărţi.)

În timpul unui seminar oferit de acest grup, am auzit o afirmaţie care m-a şocat. Vorbitorul ne-a explicat care sunt şansele ca universul nostru să ia naştere şi a

conchis că şansele ca universul nostru să se formeze aşa cum a făcut-o, cu un „big bang” la energii uriaşe, erau aproape de zero! De fapt, acele şanse puteau fi calculate, lucru pe care eminentul matematician şi fizician teoretician britanic Roger Penrose (ulterior laureat al Premiului Nobel) îl şi făcuse spre finalul anilor 1970.

Când a calculat probabilitatea ca universul nostru să se formeze în mod spontan, Penrose a obţinut o valoare uluitoare: 1 la 10^10^123. Mai puţin de o şansă la un googolplex.

Pentru mintea mea, era un număr absolut ridicol.

Matematicienii spun în glumă că un googolplex este pur şi simplu 1 urmat de atâtea zerouri câte poţi să scrii înainte să oboseşti. Numărul este mai lung decât lungimea întregului nostru univers.

Dacă eşti cosmolog (şi chiar dacă nu eşti), concluzia lui Penrose are darul să te tulbure profund. A fost crearea universului nostru un eveniment atât de special, produs dintr-un set atât de special de circumstanţe, încât nu a mai fost şi nu va mai fi niciodată repetat? Am fost noi câştigătorii practic imposibili ai unei loterii cosmice bizare?

Împreună cu Stephen Hawking, Penrose a mers şi mai departe. Cei doi au dedus din axiome un argument logic într-o teoremă (o propoziţie ce poate fi

demonstrată matematic) care afirmă că dacă universul nostru s-a extins de la crearea sa, atunci trebuie să fi început dintr-un punct în spaţiu având o densitate energetică literalmente infinită – ceea ce este cunoscut ca singularitate.

Teorema singularităţii formulată de Hawking şi Penrose implica faptul că oamenii de ştiinţă nu ar putea să exploreze niciodată momentul efectiv al creării universului pentru că nimic, dar absolut nimic n-a existat *înainte* de creaţie. Asta însemna că niciodată nu vom putea replica sau identifica condiţiile care au cauzat-o, că, altfel spus, crearea universului nostru era cu adevărat mai presus de capacitatea noastră de a o studia.

Ceea ce, firește, a transformat-o într-o întrebare extrem de incitantă pentru mine.

Cât timp am stat în Maryland, una dintre activităţile mele preferate în weekenduri era să-mi petrec după-amiezile într-o mare librărie din Bethesda, frunzărind cărţi despre orice subiect, de la literatură la filosofie şi artă – mai exact, orice în afară de fizică.

Fizica era rezervată pentru zilele şi nopţile din timpul săptămânii. În serile acelea, citeam orice puteam din literatura ştiinţifică şi chiar încercam să reproduc calculele. Voiam să înţeleg cum ajunsese Penrose la

acea concluzie despre universul nostru care mi se părea absurdă. Voiam să încerc să-i urmăresc argumentele care îi convinseseră pe colegii săi oameni de ştiinţă să accepte concepţia potrivit căreia nu a existat nimic înainte de apariţia universului nostru.

Deşi eram intrigată de argumentul lui Penrose, concluziile lui nu m-au convins. Tot reveneam la articolul său, disecându-i şi analizându-i raţionamentul, sperând fie să mă convingă, fie să descopăr punctul în care raţionamentul lui ar fi luat-o pe o cale greşită. Desigur, nu m-am gândit niciodată că voi fi în stare să rezolv întrebările pe care Penrose şi Hawking le îngrădiseră cu teorema singularităţii. Nu-mi făceam iluzii. Eram doar curioasă.

Aşa cum aveam să aflu curând, concluzia lui Penrose privind şansele apropiate de zero ca universul nostru să fi luat naştere părea cât se poate de solidă. În acelaşi timp, descoperirea lui era înşelător de simplă. Se întemeia pe o lege fundamentală a naturii – a doua lege a termodinamicii, bazată pe opera respectatului fizician austriac din secolul al XIX-lea, Ludwig Boltzmann.

Am învăţat despre numeroasele contribuţii ale lui Boltzmann din domeniile termodinamicii şi teoriei atomice în timpul studiilor universitare din Albania. (În paranteză fie spus, în anii de tranziţie, profesorul care ne-a predat cursul de termodinamică a ajuns

preşedintele Albaniei.) Totuşi, abia mai târziu, când am început să „demontez” deducţia lui Penrose – soluţia pe care o obţinuse prin rezolvarea acelor ecuaţii –, am ajuns să înţeleg pe deplin şi să apreciez importanţa operei sale.

Descoperirile lui Boltzmann nu erau doar un set de ecuaţii care-i purtau numele. Ci şi o treaptă importantă în dezvoltarea fizicii moderne: un pas înainte care a dezvăluit o relaţie de o importanţă crucială între probabilitatea ca un eveniment să se producă spontan şi un concept numit entropie. Într-adevăr, intuiţia lui Boltzmann privind probabilitatea a fost cea care a condus la valoarea absurdă obţinută de Penrose – potrivit căreia şansele ca universul nostru să ia naştere aleatoriu erau apropiate de zero.

În termeni simpli, conceptul de entropie al lui Boltzmann cuantifică dezordinea. Să ne imaginăm dulapul unor copii, plin cu tricouri de diferite dimensiuni şi culori. La nivel macroscopic, dulapul poate fi descris perfect de dimensiunea sa, de culoarea pereţilor săi şi de numărul de tricouri din el. Într-o zi, părinţii hotărăsc o regulă de organizare a dulapului: toate tricourile vor fi puse pe umeraşe după mărime, de la cel mai mic la cel mai mare. Să presupunem că de a doua zi copiii încep să atârne tricourile (sau, mai probabil, să le arunce pe podeaua dulapului) la

întâmplare. Spre deosebire de sistemul părinţilor, a cărui ordonare specifică – după mărime – este unică, sistemul copiilor conţine mai multe posibilităţi diferite. Dar aceste informaţii despre aranjamentele părinţilor sau ale copiilor sunt neexplicate în descrierea macroscopică a dulapului. De fapt, de fiecare dată când copiii aranjează tricourile diferit şi fac dezordine în dulapul ordonat, ei creează configuraţii noi sau, în jargonul fizicii, noi microstări. Aşadar, spre deosebire de sistemul unic şi ordonat al părinţilor, un dulap dezordonat are multe microstări, întrucât există atât de multe căi pentru a-l dezordona. În pofida faptului că detaliile specifice ale dezordinii nu sunt cuprinse în descrierea macroscopică a dulapului, putem totuşi deduce că, în general, un dulap dezordonat nu este special deoarece este mult mai probabil să fie găsit în mod aleatoriu decât un dulap ordonat.

Colecţia acestor microstări nu conţine o informaţie importantă: este vorba despre entropia lui Boltzmann. Entropia număra toate microstările pe care un sistem le poate avea fără să-şi schimbe starea macroscopică, ca în exemplul cu dulapul de mai sus. Prin urmare, entropia măsoară ceea ce este ascuns în legătură cu un sistem. În cazul dulapului, ea descrie cu minuţiozitate detaliile fine şi dezordinea din interior cu ajutorul unei formule matematice.

Ştiam deja ce este entropia lui Boltzmann, dar eram curioasă să aflu cum o legase Penrose de probabilitatea, sau de improbabilitatea, ca universul nostru să-şi înceapă existenţa în mod aleatoriu. Cum era legată entropia de naşterea universului. Cum putea să reiasă cantitativ cunoaşterea probabilităţii privind universul din cunoaşterea entropiei sale?

Răspunsul este gravat pe piatra de mormânt a lui Boltzmann din Cimitirul Central vienez. În partea de sus, deasupra bustului celebrului fizician, este un epitaf neobişnuit – o formulă matematică:

$$S = k \text{ Log } W^2$$

Aceasta este formula entropiei, una dintre cele mai cunoscute ecuaţii ale lui Boltzmann. În această ecuaţie, *S* este entropia sistemului studiat; de exemplu, dulapul copiilor. *W* este numărul de microstări ale acestui sistem; în exemplul nostru, este numărul tuturor modurilor posibile de aranjare a tricourilor în interiorul dulapului. Ln este logaritmul natural.[3] Iar k este o

---

[2] Log este prescurtarea logaritmului general care poate fi în orice bază (de exemplu, 10). În fizică se foloseşte logaritmul în baza e, aşadar forma corectă a epitafului ar fi cu ln *(n. trad.).*

[3] Logaritmul natural Ln este operaţia inversă exponenţialei. Ln este logaritmul în baza constantei matematice *e,* egală cu aproximativ 2,7, astfel încât e (Ln *x*) = *x*, pentru orice valoare a variabilei x *(n. a.).*

valoare constantă, constanta lui Boltzmann, care face ca restul formulei să funcţioneze. Într-o exprimare simplă, entropia este proporţională cu (logaritmul) numărul (ui) de microstări ale unui sistem. Sau, echivalent, numărul de microstări disponibile ale unui sistem W este exponenţial de mare cu entropia sa S.[4]

Formula de pe piatra funerară a lui Boltzmann oferă prima înţelegere microscopică a entropiei din perspectiva părticelelor – microstările – care alcătuiesc un sistem. Numai că, până când am reanalizat-o în şcoala doctorală, trecusem cu vederea adevărata semnificaţie a acestei informaţii, şi anume că numărul acestor părticele, numărul de microstări posibile dintr-un sistem (aşa cum este calculat cu ajutorul entropiei sale) nu este altceva decât o măsură directă a probabilităţii ca acest sistem să existe.

De exemplu, existau multe moduri diferite, multe microstări (W) pentru dezorganizarea unui dulap, dar numai câteva moduri de a-l ordona. Prin urmare, dacă ar fi să mă uit în mod aleatoriu la dulapul respectiv, şansele mele de a-l găsi ordonat ar fi foarte mici. Acelaşi principiu se aplică şi sistemelor mai mari, până

---

[4] Pe baza relaţiei dintre logaritmul natural Ln şi exponenţială, putem să rescriem formula lui Boltzmann sub forma W = e (S/k). Dar, conform estimărilor lui Penrose, entropia universului în fază incipientă este foarte scăzută, prin urmare probabilitatea *W* de a începe un univers ca al nostru este dată de raportul dintre 1 şi valoarea exponenţială 10^10^123 – adică, aproape zero *(n. a.).*

la şi incluzând universul însuşi.

Orice sistem macroscopic, fie el un dulap sau universul întreg, are propriul său set de microstări prin care se poate întâmpla şi poate fi realizat. Dacă universul în momentul creării sale are un număr mare de microstări posibile prin care poate să-şi înceapă existenţa, atunci probabilitatea de a-şi începe în mod aleatoriu existenţa este mare. În mod similar, dacă numărul de microstări posibile prin care un anumit model al creaţiei poate fi realizat este scăzut, atunci probabilitatea ca acesta să se întâmple este exponenţial de mică.

Formula lui Boltzmann (care face legătura dintre entropia unui sistem şi probabilitatea existenţei sale) implica faptul că, pentru ca universul nostru să aibă o probabilitate exponenţial mai mică de a-şi începe existenţa întâmplător decât oricare alt univers ne putem imagina, aşa cum calculase Penrose, universul nostru trebuie să fi început de la o stare extrem de ordonată, cu o entropie foarte joasă.

Pe măsură ce îmi întregeam înţelegerea privind felul în care Penrose dedusese entropia universului, povestea existenţei improbabile a universului nostru devenea şi mai interesantă. Cum putem să ştim care este entropia universului nostru? De ce informaţii ar fi nevoie pentru a-i calcula entropia? Entropia

universului în fiecare moment numără toate microstările universului, toate aranjamentele posibile ale componentelor sale. Ea ne arată cât de dezordonat este universul nostru şi ce nu se cunoaşte despre el.

Să presupunem că dulapul din exemplul anterior este mare cât universul. Tricourile corespund tuturor atomilor, fotonilor, stelelor şi galaxiilor – toată materia, energia şi radiaţia din univers. În prezent, cantităţile acestor componente sunt deduse din observaţiile astrofizice asupra universului. Totuşi, de fiecare dată când interschimbăm doi fotoni din părţi diferite ale universului, avem un aranjament nou, o nouă microstare a universului. De fiecare dată când o supernovă explodează şi-şi ejectează în întregime materia în univers, avem o nouă microstare, deşi universul macroscopic în întregul lui rămâne acelaşi. Ca şi în exemplul cu dulapul, dacă oamenii de ştiinţă cunosc conţinutul în energie şi materie al universului, pot număra toate modurile posibile de distribuire a acestor părţi componente şi calcula astfel entropia sistemului. Asta a făcut Penrose. După cum a reieşit, în prezent, entropia universului nostru nu este atât de mare.

Dar întotdeauna este un clenci, iar în cazul universului nostru el a sunat aşa: probabilitatea existenţei noastre a depins nu de entropia universului

prezent, ci mai degrabă de entropia din momentul creaţiei. Desigur, acest lucru este dificil de determinat, întrucât nu putem observa momentul creaţiei. Totuşi, pentru a estima probabilitatea universului nostru, Penrose a trebuit să găsească o cale de a-i deduce entropia în momentul său incipient. Cum a reuşit asta? Trebuia să aflu.

Pentru a stabili cu precizie entropia universului în momentul creaţiei, trebuia să reconsider ceea ce este probabil cea mai importantă lege a naturii: a doua lege a termodinamicii.

A doua lege a termodinamicii stabileşte că entropia unui sistem nu scade niciodată. Întotdeauna entropia creşte cu timpul, indiferent de entropia de la care ai început. Cu alte cuvinte, tendinţa naturală a oricărui sistem este să devină mai dezordonat, nu mai ordonat.

Să ne imaginăm două camere învecinate conectate printr-o uşă izolată. Iniţial, temperatura din prima cameră este joasă (să spunem, 4,5°C), iar temperatura în a doua cameră este ridicată (să spunem, 39,5°C). A doua lege a termodinamicii ne spune ce se întâmplă în timp cu entropia celor două camere când uşa de legătură este deschisă.

Ca urmare a mişcării moleculelor de aer între cele două camere, ambele ajung lent la aceeaşi temperatură

medie. Totuşi, dezordinea creşte, deoarece avem mai multe molecule de aer care au mai mult spaţiu la dispoziţie în care să se deplaseze aleatoriu şi să creeze noi aranjamente. Ele se pot muta dintr-o cameră în cealaltă şi înapoi. Căldura este transferată treptat în camera rece, creând microstări noi în ambele camere. Cu cât trece mai mult timp, cu atât mai multe microstări sunt create în cele două încăperi, iar numărul continuă să crească până când cele două camere au aceeaşi temperatură în orice punct al lor.

Mai mult, fără o intervenţie din exterior, acest proces nu poate fi inversat. Oricât de mult am aştepta ca încăperea care iniţial a fost caldă să se încălzească din nou, iar camera rece să se răcească din nou, acest lucru pur şi simplu nu se va întâmpla! Cele două camere nu pot reveni în mod spontan la stările lor iniţiale. Cu alte cuvinte, entropia celor două camere învecinate continuă să crească cu timpul în mod ireversibil.

Acest comportament constituie esenţa celei de-a doua legi a termodinamicii. Creşterea entropiei în timp este universală şi ireversibilă, oricare ar fi sistemul. Iar tendinţa oricărui sistem din natură este să ajungă la echilibru crescându-şi entropia în timp. Aceeaşi concluzie este inevitabilă dacă o aplicăm la universul întreg: entropia sistemului – a universului întreg – va creşte ireversibil cu timpul.

Cunoaştem entropia universului prezent pentru că, prin intermediul observaţiilor astrofizice efectuate din spaţiu şi de la sol şi prin măsurarea expansiunii sale, putem să-i cuantificăm întregul conţinut (masă, energie şi radiaţie), iar cu ajutorul celei de-a doua legi a termodinamicii putem deduce că entropia din momentul creaţiei trebuie să fi fost mai mică decât entropia universului prezent. Dar cu cât anume, exact, a fost mai mică entropia universului în primul său moment faţă de cea din prezent? Simpla afirmaţie că starea universului de atunci a avut o entropie mai mică decât acum nu oferă suficiente informaţii pentru estimarea probabilităţii.

Mai exista o problemă. Argumentul lui Penrose pentru probabilitatea ridicol de mică a apariţiei universului nostru, calculată din formula de pe piatra funerară a lui Boltzmann, depindea de un singur număr: valoarea entropiei din primele momente ale vieţii universului. Totuşi, a doua lege a termodinamicii nu poate oferi o valoare exactă a entropiei în momentul creaţiei. Iar această parte a puzzle-ului a devenit tot mai complicată pe măsură ce o investigam mai profund.

Reconstruirea entropiei universului în momentul creaţiei necesita urmărirea evoluţiei cosmice a

universului înapoi în timp, până la momentul său iniţial. Dar tocmai acesta era obstacolul. Deşi reuşeşte cu mare succes să explice aproape toate celelalte aspecte legate de universul nostru, naraţiunea acceptată a universului incipient dată de versiunea modernă a teoriei Big Bang (o poveste cunoscută sub numele de inflaţie cosmică) descrie un univers de o origine foarte specială, unul cu o stare de entropie excepţional de scăzută.

Inflaţia cosmică afirmă că, într-o clipită, minusculul nostru univers primordial, plin cu o cantitate mare de energie, a devenit mult mai mare în urma unei explozii uriaşe. Ea oferă o poveste convingătoare pentru modul în care un univers minuscul îşi poate mări în mod natural dimensiunile şi ulterior să fie plin de viaţă, iar concordanţa sa excepţională cu observaţiile poate explica de ce această poveste este în mare măsură acceptată de oamenii de ştiinţă şi de opinia publică până în zilele noastre.

Dar articolul lui Penrose a generat multe îndoieli cu privire la teoria inflaţiei cosmice. Starea iniţială a universului nostru, caracterizată de o energie foarte mare, dar o entropie extrem de scăzută, postulată de teoria inflaţiei cosmice, implică faptul că probabilitatea ca universul nostru să-şi înceapă existenţa în această manieră a fost atât de mică pe cât era posibil să fie.

Semnalând această problemă a teoriei inflaţiei cosmice, argumentul lui Penrose a reprezentat cel mai mare pericol pentru valabilitatea inflaţiei cosmice ca fiind starea originară a universului nostru.

Pe scurt, asta era problema scandaloasă a originii universului nostru.

Planul meu simplu era să mă concentrez pe detaliile inflaţiei cosmice şi pe procesul a ceea ce s-a întâmplat după aceea. Voiam să mă familiarizez cu încercările anterioare de rezolvare a acestei probleme şi, mai ales, să înţeleg de ce şi unde au dat greş acele tentative. Dacă chestiunea originii noastre speciale era un artefact al inflaţiei cosmice, atunci poate că era nevoie să renunţăm la acea teorie şi să o înlocuim cu un model al creaţiei mai bun. Aşa cum mă întrebam la acea dată, oare aparenta improbabilitate a formării universului nostru indica o problemă diferită, poate chiar una fundamentală, legată de explicaţia general acceptată a originii noastre? Sau ne scăpa întru totul esenţa şi puneam întrebarea greşită? A reieşit că răspunsul la ambele întrebări era da.

2
Cum a început universul nostru?

Traiectoria vieţii mele a fost schimbată de un

eveniment istoric crucial: căderea Zidului Berlinului, din 1989. Deşi Albania nu făcea parte din Uniunea Sovietică, valul uriaş al transformării a fost imposibil de ignorat. Studenţii au început să participe la manifestaţii pentru libertatea cuvântului şi pluralism încă din 1990, dar adevărata revoluţie a avut loc în 1991. În acel februarie, mai mulţi studenţi au început o grevă a foamei în căminele lor, cerând ca dictatorul din acel moment, Ramiz Alia, să renunţe la putere.

Pe atunci, eram studentă la Universitatea din Tirana, dar locuiam acasă cu părinţii, aşa că n-am aflat de planurile pentru greva foamei decât în ziua în care aceasta s-a întâmplat. În timpul grevei, am stat cu prietenii mei şi părinţii lor în preajma căminelor, pentru a le fi alături greviştilor.

Când starea medicală a studenţilor s-a deteriorat, câteva sute de mineri au parcurs pe jos 80 de kilometri până la Tirana, hotărâţi să-i elibereze pe studenţi şi să răstoarne guvernul. Împreună cu familia mea, ne-am alăturat studenţilor, părinţilor şi minerilor în marşul de protest care a plecat de la cămine spre centrul oraşului. De-a lungul drumului, rândurile noastre se tot îngroşau cu mulţi alţi cetăţeni care s-au alăturat demonstraţiei. Tinerii soldaţi, cu vârste între 18 şi 20 de ani, păreau derutaţi în timp ce îndreptau şovăielnic armele către mulţime. Un moment emoţionant din acea

zi a fost atunci când numeroşi albanezi vârstnici, participanţi curajoşi la marş, s-au apropiat şi i-au îmbrăţişat pe soldaţi. Lipindu-şi piepturile de ţevile puştilor, le-au spus: „Sunteţi sângele nostru, copiii noştri, noi luptăm şi pentru viitorul vostru. Rudele voastre trebuie să fie şi ele în mulţime. Nu trageţi în ei. Lăsaţi armele jos şi veniţi cu noi”.

Când am ajuns în piaţa centrală din Tirana, mulţimea crescuse la câteva mii. Au fost desfăşurate trupe militare pentru a bloca străzile şi a-i împiedica pe oameni să se alăture protestelor. Cu străzile închise, eram blocaţi în piaţă. Elicopterele zburau pe deasupra noastră, iar lunetiştii au ocupat poziţii pe acoperişurile clădirilor. Oamenii au început să smulgă pietre din caldarâm şi să spargă treptele de marmură ale clădirilor ca să se poată apăra în cazul în care militarii ar fi tras în ei. Dacă soldaţii ar fi deschis focul asupra mulţimii, s-ar fi produs un masacru. Dar simţind că doar câteva ore îi despart de libertate, după o aşteptare de cincizeci de ani sub cea mai cruntă dictatură din Europa, protestatarii au rămas pe poziţii.

În aceste momente tensionate, fratele meu mai mic a dispărut în mulţimea agitată. Eu şi tata am trimis-o pe mama acasă, ca să-l aştepte pe fratele meu, dar n-a făcut decât să-şi piardă timpul, căci fratele meu ocupase o poziţie în primul rând de protestatari. În

jurul nostru, mulţimea striga: „Libertate! Jos cu Alia. Vrem democraţie în Albania; vrem ca Albania să fie ca restul Europei”, iar şi iar.

Poliţişti, soldaţi şi membri ai forţelor speciale de securitate, îmbrăcaţi în mantale lungi şi însoţiţi de câini alsacieni fioroşi, au împânzit piaţa, dar protestatarii au continuat să scandeze. Apoi demonstranţii au început să doboare gigantica statuie de bronz a primului conducător comunist al Albaniei, Enver Hodja, care stătea parcă de-o veşnicie în piaţa centrală.

Soldaţii erau pregătiţi să intre în acţiune, aşteptând să primească ordinul de a trage. Dar, din cine ştie care motiv, odată cu răsturnarea colosului, comunicaţiile radio s-au întrerupt.

Peste zarva din piaţă, îi auzeam pe soldaţi ţipând unii la alţii, întrebând care fusese ordinul şi de ce staţiile lor radio tăcuseră subit. Mai târziu, a circulat un zvon potrivit căruia Ramiz Alia le tăiase semnalul ca să-i împiedice pe generali să ia problema în mâinile lor şi să dea ordinul de tragere fără a avea permisiune. În mod incredibil, în ziua aceea, atât protestele, cât şi comunismul în Albania s-au încheiat fără masacru. Fratele meu s-a întors acasă cu bucăţi de marmură rupte din piedestalul statuii lui Hodja, un mic memento al zilei în care democraţia albaneză a fost aproape de a muri în faşă.

Lunile scurse între primele greve studenţeşti şi momentul în care Albania s-a descotorosit în sfârşit de comunism au fost brutale şi haotice. Mii de oameni au sărit zidurile ambasadelor străine în căutarea protecţiei, inclusiv toţi studenţii de la Universitatea din Tirana – în afară de mine şi de o colegă de grupă. (Se estimează că în acea perioadă au părăsit ţara între 170.000 şi 300.000 de oameni; singurii doi inşi care nu au reuşit să plece au fost cei care au sărit zidul ambasadei cubaneze – gărzile de acolo i-au predat autorităţilor albaneze.)

În noaptea în care colegii mei de an au ales să plece, ne-am adunat cu toţii în parcul principal al Tiranei la amurg, ca să ne luăm rămas-bun. Până atunci, împărţiserăm fiecare lucruşor pe care-l avusesem: banii de buzunar, sandviciurile, creioanele şi caietele. Am încercat să-i opresc să plece, sugerându-le că ar fi bine ca mai întâi să-şi termine studiile (încă mai aveam un an şi jumătate de studenţie) şi explicându-le că locurile spre care se îndreptau nu erau ca în serialul *Dinastia,* pe care îl urmăriserăm de curând în secret la televizor, cu ajutorul unor antene artizanale. Am argumentat că se terminase cu comunismul şi că nu mai aveam de ce să ne temem. La rândul lor, ei m-au rugat să-i însoţesc, mustrându-mă că mă gândesc prea mult la toate cele. Dar eu luasem decizia. Nu-mi puteam părăsi părinţii şi

nu voiam să cerşesc mila străinilor pentru hrană şi adăpost. Citisem (în mod clandestin) destule cărţi englezeşti la biblioteca privată de la Liga Scriitorilor şi Artiştilor, locul de muncă al mamei mele, ca să ştiu că şi în Vest viaţa era grea. După ce am discutat ore în şir, ne-au rugat pe mine şi pe ceilalţi colegi care au rămas în ţară să-i căutăm pe părinţii lor şi să le spunem să nu-şi facă griji.

Se făcuse miezul nopţii când i-am condus pe prietenii mei la ambasadele germană şi franceză şi le-am urat noroc, apoi i-am privit cum se caţără pe garduri şi dispar. Cei de la ambasade aveau să facă aranjamentele necesare ca să-i scoată din Albania, fie cu avionul, fie cu vaporul.

Noapte după noapte, Tirana era însufleţită de tinerii care-şi plănuiau fuga şi de părinţii care sosiseră din toate colţurile ţării şi-i căutau disperaţi prin întuneric, mai întâi în centrul oraşului, apoi în grădinile situate de-a lungul Străzii Ambasadelor. Zgomotele oraşului sugerau o stare de doliu, cu paşi grăbiţi, siluete ce vorbeau în şoaptă, plânsete şi suspine.

Îmi amintesc că într-o seară, pe când mă întorceam acasă, un bărbat s-a apropiat de mine. Plângea înăbuşit şi strângea o pernă lipită de faţă. Mi-a spus că auzise un zvon cum că fiul lui voia să plece şi călătorise patru ore până la Tirana, în încercarea de a-l opri. Se dusese la

căminul băiatului şi-i găsise patul neatins. L-a descris şi m-a întrebat dacă-l văzusem; nu-l văzusem. A mirosit perna, mi-a arătat-o şi mi-a spus: „Asta e tot ce mi-a rămas din băiatul meu – perna are mirosul lui”.

După doi ani, când am plecat în Statele Unite, am luat cu mine fragmentele de marmură pe care fratele meu mi le-a dat ca să-mi amintească de noua mea libertate, dar şi de lipsa ei în viaţa de până atunci. Le mai păstrez şi acum, şi nu doar ca pe un memento. Lecţia pe care o conţin despre curajul intelectual şi nevoia de a înfrunta îndoctrinarea rămâne pentru mine la fel de relevantă ca atunci când am plecat din Albania. Iar în anii de studiu la Universitatea Maryland, am păstrat această lecţie pe primul loc în mintea mea, în timp ce săpam tot mai adânc în întrebările declanşate de articolul lui Penrose.

Cu cât învăţam mai multe despre noul meu domeniu de studiu, cu atât mai nesigură deveneam cu privire la valabilitatea argumentelor sale specifice privind marile întrebări despre universul nostru. Întrebarea cea mai importantă era, desigur, cum a fost creat acest univers şi ce a fost acolo înainte. Iar răspunsurile predominante la această întrebare nu mă mulţumeau deloc.

În 1997, după ce am obţinut masteratul la Universitatea Maryland, am început să studiez pentru

doctorat la Universitatea din Wisconsin-Milwaukee. Voiam să mă concentrez pe aspectele cuantice ale universului incipient şi am ales UWM pentru că are unul dintre cele mai puternice grupuri de fizică teoretică din Statele Unite, în special în fizica cuantică. În particular, voiam să lucrez cu Léonard Parker, un fizician de renume mondial şi unul dintre fondatorii unei discipline noi numite teoria câmpului cuantic în spaţiu-timp curbat. [5] Cercetările lui Parker demonstrează că, pe măsură ce universul se extinde şi îşi schimbă curbura (forma), schimbarea corespunzătoare a câmpului său gravitaţional este convertită într-o energie ce produce particule, care populează universul. Acesta este unul dintre cele mai revoluţionare domenii ale studiului ştiinţific din zilele noastre.

Profesorul Parker s-a numărat printre oamenii cei mai cumsecade şi mai modeşti pe care i-am întâlnit. M-a primit cu braţele deschise ca studentă a sa şi, împreună cu soţia lui, m-a tratat ca pe propriul lor copil. Am petrecut trei ani de şcoală doctorală într-un oraş friguros, bătut de vânturi şi zăpezi, cu o

[5] Spaţiu-timpul curbat uneşte spaţiul tridimensional (lungime, lăţime şi înălţime) cu dimensiunea timp într-un obiect unificat, spaţiu-timpul cvadridimensional – a cărui formă este, aşa cum vom vedea, curbată şi corespunde unui câmp gravitaţional, conform teoriei relativităţii a lui Einstein. Teoria cuantică este ceva despre care vei învăţa în Capitolul 3 *(n. a.).*

arhitectură frumoasă influenţată de Frank Lloyd Wright, dar n-am observat niciodată frigul datorită căldurii celor din grupul de fizică şi a oamenilor din Milwaukee.

În anii petrecuţi aici, am ajuns să înţeleg mai bine de ce inflaţia cosmică, în pofida argumentului lui Penrose că ar fi avut o şansă apropiată de zero să iniţieze naşterea unui univers, îşi câştigase totuşi un loc central ca teorie a universului, cunoscută în general ca modelul standard al cosmologiei. De fapt, în disertaţia mea doctorală, am investigat teoriile alternative la inflaţia cosmică (explozia colosală a universului embrionar încărcat cu energii imense pentru a produce un univers mare ca al nostru) propuse de oponenţii acesteia. Printre acei oponenţi se numărau Hawking şi Penrose. Investigaţiile oamenilor de ştiinţă care au propus modele alternative pentru crearea universului nostru erau foarte importante în analizarea inflaţiei cosmice. Printre aceste modele alternative se numărau trecerea unui univers embrionar printr-un câmp gravitaţional prin efect de tunel şi o serie de scenarii privind posibile tranziţii de fază care ar fi putut produce un univers ca al nostru.[6]

---

[6] Tranziţiile de fază ale unui univers embrionar ar putea fi similare cu tranziţiile de fază ale materiei – solidă, lichidă, gazoasă şi plasmă – cu care suntem familiarizaţi din viaţa de zi cu zi. De exemplu, la fel cum apa trece de la lichid la

Cu cât cercetam mai mult fundamentele inflaţiei cosmice, cu atât mai convinsă eram că, în pofida problemei legate de improbabilitatea apariţiei universului nostru, această teorie oferea totuşi de departe explicaţia cea mai logică şi mai elegantă pentru proprietăţile fundamentale ale universului nostru. Aceasta se datorează, în parte, faptului că păstrează integritatea unor teorii importante, cum ar fi teoria relativităţii generale a lui Einstein şi o varietate de modele cunoscute sub denumirea de „teoria Big Bang" – teorii care, altfel, ar avea dificultăţi în a explica cum s-ar putea obţine universul nostru actual din condiţiile stranii care au existat în zorii existenţei lui, aşa cum am ajuns să le înţelegem.

Inflaţia cosmică foloseşte teoria relativităţii generale pentru a lega materia şi energia universului de curbura sa – adică, de forma sa – şi de expansiunea sa. Einstein a formulat această teorie în 1915, în timp ce se înălţa pe umerii unor giganţi ai matematicii.[7] A ajuns să regrete

---

gaz prin fierbere sau de la lichid la solid prin îngheţare, un univers embrionar s-ar putea schimba de la o stare la alta în funcţie de forţele care acţionează asupra lui *(n. a.)*.

[7] Pentru teoria relativităţii generale, Einstein s-a inspirat şi a folosit copios lucrările fundamentale privind geometria spaţiu-timpului curbat descoperită de matematicianul german Bernhard Riemann; pentru postularea faptului că spaţiul şi timpul sunt pe picior de egalitate, s-a bazat pe lucrările lui Hermann Minkovski (Germania) şi Nikolai Lobacevski (Rusia) *(n. a.)*.

denumirea de *relativitate generală* pentru că i se părea că-i contrazice convingerea că lumea exista independent de observaţia umană. În opinia lui Einstein, ce se întâmplă în univers nu depinde absolut deloc de cine îl observă sau de cum se mişcă observatorul; realitatea, aşa credea el, trebuie să fie obiectivă.

Pentru a face ca teoria sa să stea în picioare, Einstein s-a bazat pe două postulate. Primul este acela care afirmă că viteza luminii în vid este limita absolută a vitezei cu care se poate deplasa orice obiect din univers. Cu al doilea postulat al său, Einstein a unit spaţiul tridimensional (înălţime, lăţime şi lungime) şi timpul unidimensional într-o singură entitate, pe care a denumit-o spaţiu-timp. Universul nostru, a afirmat Einstein, există într-un spaţiu-timp cvadridimensional.

Al doilea postulat einsteinian echivalează cu ideea uluitoare potrivit căreia, în esenţă, putem substitui forţa gravitaţională cu forma spaţiului. Modul în care Einstein a realizat acest schimb în teoria relativităţii este minunat de simplu: forţa gravitaţională a materiei şi energiei din univers îi spune spaţiu-timpului cum să se curbeze, forţând obiectele şi lumina să se mişte de-a lungul anumitor traiectorii care urmează curbura spaţiului. Teoria sa înlocuieşte forţa gravitaţională exercitată asupra oricărui obiect produsă de întreaga

materie şi energie din univers cu curbura spaţiu-timpului care modelează căile pe care se mişcă obiectele. Gravitaţia înseamnă curbură.

Ideea profundă a lui Einstein nu este greu de vizualizat. Imaginează-ţi că ai instalat un hamac perfect plat în grădină. În acest exemplu, materialul hamacului este spaţiu-timpul. Acum, dacă o persoană se aşază sau se întinde pe hamac, acesta se va deforma în jos – altfel spus, se va curba în funcţie de poziţia şi greutatea persoanei. În metafora noastră, persoana este conţinutul de materie-energie, iar greutatea şi mărimea corpului său determină deformarea hamacului – a spaţiu-timpului. Astfel, după cum le place fizicienilor să spună, „materia îi spune spaţiului cum să se curbeze". Un aspect important este că forma hamacului – curbura spaţiu-timpului – arată cât de multă materie-energie conţine. Dacă ai sta sub hamac, ai putea să determini greutatea şi mărimea persoanei din hamac prin simpla evaluare a curburii materialului.

Dacă hamacul reprezintă curbura spaţiu-timpului pentru întregul univers, iar greutatea persoanei aşezate pe el reprezintă energia universului în momentul inflaţiei cosmice, atunci, în conformitate cu teoria lui Einstein, energia inflaţiei determină cât de repede se poate extinde universul şi ce formă va avea. În acest mod, relativitatea generală a lui Einstein a pus bazele

teoriei cosmice a inflaţiei, care va folosi, la rândul ei, relativitatea generală einsteiniană pentru a explica circumstanţele stranii care au existat în zorii universului nostru.

De la Einstein încoace, oamenii de ştiinţă au făcut măsurători precise ale formei universului şi a tot ceea ce se află în interiorul său. În felul acesta, am putut să-i reconstruim, în sens invers, istoria în diferite epoci până în momentul naşterii sale. Folosind ecuaţiile lui Einstein, putem desluşi printr-un fel de retro-inginerie cum arăta universul şi cât de repede s-a extins în fiecare moment din trecutul său. În trecutul îndepărtat, universul a devenit microscopic pe măsură ce se apropia de momentul creaţiei. Din păcate, în acel punct, ecuaţiile lui Einstein suferă un colaps.

Aceasta este deficienţa majoră a teoriei relativităţii einsteiniene: îşi pierde valabilitatea în condiţii de densităţi energetice foarte înalte – tipul de densitate energetică pe care am putea s-o găsim în centrul unei găuri negre, de exemplu, sau care a existat în primul moment din viaţa universului nostru. De fapt, folosirea ecuaţiilor lui Einstein pentru a găsi forma universului ca funcţie de energia conţinută în el în cel mai timpuriu moment al universului, chiar înainte de iniţierea inflaţiei cosmice, generează un răspuns dezamăgitor:

prezice că universul a început ca un vârf de ac, o singularitate care rupe însăşi ţesătura spaţiu-timpului.

Acest colaps al ecuaţiilor lui Einstein la naşterea universului este cunoscut ca singularitatea Hawking-Penrose, după cei doi fizicieni emblematici care au generat teorema (o piatră de hotar ştiinţifică la care am făcut referire în Capitolul 1). Timpul se opreşte în această singularitate – nu există „înainte"; ceasurile îngheaţă. Spaţiul se opreşte acolo – nu există „mai departe". Conform lui Hawking şi Penrose, natura le interzice oamenilor de ştiinţă să exploreze momentul creaţiei, nicidecum să privească dincolo de acesta, pentru că nimic, dar absolut nimic, n-a existat înainte de creaţie.

Există un istoric lung de un secol al surprizelor cu care oamenii de ştiinţă s-au confruntat ori de câte ori au încercat să obţină soluţii la ecuaţiile lui Einstein în primele momente din viaţa universului nostru. În 1922, Alexander Friedmann, un fizician teoretician şi matematician rus, a folosit ecuaţiile lui Einstein pentru a demonstra că acestea produceau un univers în expansiune, mai degrabă decât unul static, neschimbător. El i-a scris lui Einstein ca să-i aducă la cunoştinţă calculele sale, dar Einstein nu s-a lăsat convins.

Cinci ani mai târziu, Georges Lemaître, astronom

belgian şi preot catolic, a propus independent un prim model al unui univers care „explodează”, care a început mic şi a crescut exponenţial. Observând că galaxiile se îndepărtau unele de altele, el a presupus că universul nostru trebuie să se fi născut dintr-un „ou cosmic”. Descoperirea lui Lemaître a fost verificată de Edwin Hubble (al cărui nume îl poartă celebrul telescop) doi ani mai târziu; el a mai dovedit că galaxiile din afara Căii Lactee, galaxia noastră, se îndepărtau constant unele de altele, fenomen cunoscut ca recesiune.

În anii 1940, versiunea lui Lemaître a universului în expansiune a fost dezvoltată într-un model de George Gamow, un expert în fizică nucleară născut în Rusia şi un cunoscut autor de cărţi de ştiinţă popularizată, care a fugit din URSS şi a ajuns în cele din urmă la Universitatea din Colorado Boulder. (Deloc întâmplător, îndrumătorul de doctorat al lui Gamow a fost Alexander Friedmann.) Asemenea lui Lemaître şi Friedmann, Gamow a folosit teoria relativităţii generale ca să lege conţinutul de materie-energie al universului de curbura şi expansiunea sa. Rezultatul a fost ceva pe care astăzi îl cunoaştem ca „Big Bangul fierbinte”.

Teoria lui Gamow privind crearea universului era elegantă şi, în acelaşi timp, menită să capteze atenţia. Bazându-se pe ecuaţiile lui Einstein, el şi-a imaginat

universul în faza sa embrionară ca un vas minuscul, cam de dimensiunea unui atom, umplut cu „supa primordială fierbinte de radiaţie”, care „a explodat” în fiinţare şi, cu timpul, a crescut tot mai mare. A mers până acolo încât a prezis existenţa unor vestigii de radiaţie pe cerul nostru, rămase din vremea acestui Big Bang fierbinte.

Big Bangul fierbinte al lui Gamow a marcat apariţia unui nou domeniu în fizică: cosmologia. Dar acest model şi celelalte modele Big Bang care au urmat, toate dependente de radiaţia fierbinte pentru a face universul să se extindă, aveau deficienţe grave. Mai exact, aceste modele nu reuşeau să explice trei caracteristici esenţiale ale universului nostru: planeitatea, omogenitatea şi distribuţia uniformă a întregii materii în el. În asta consta eşecul pe care inflaţia cosmică intenţiona să-l compenseze.

Dacă te uiţi la cer prin obiectivul unui telescop, vei vedea aceeaşi distribuţie a materiei şi luminii oriunde ai îndrepta telescopul. Dar acest fenomen nu este nou; el a existat în întreaga istorie a universului. Îmi place să-mi imaginez cerurile noastre în fiecare moment din timp ca o pânză care a fost stropită aleatoriu cu vopsea compusă din raze de lumină şi particule. Distribuţia picăturilor de vopsea şi a zonelor rămase albe de pe

pânză este mai mult sau mai puţin aceeaşi oriunde, în stânga, în dreapta, în centru, la partea de sus sau de jos.

Cu toate ajustările aduse teoriei Big Bangului fierbinte a lui Gamow, aceasta nu a putut să genereze un univers uniform şi omogen, aşa cum îl vedem pe cerul nostru. Motivul principal al acestei discrepanţe era tipul de energie pe care Gamow îl alesese pentru a-şi aduce universul în starea de existenţă. Un univers primordial umplut cu radiaţie fierbinte nu putea să crească îndeajuns de rapid pentru a atinge dimensiunile foarte mari ale universului din zilele noastre. Singura modalitate prin care Big Bangul fierbinte al lui Gamow putea să funcţioneze era dacă începea cu un univers primordial imens (în termeni relativi), unul care să fi avut aproximativ dimensiunea atomului de heliu.

Această dimensiune iniţială a reprezentat o problemă insurmontabilă pe care, câteva decenii mai târziu, inflaţia cosmică avea s-o rezolve într-o manieră atât de elegantă. Este unul dintre motivele pentru care, în pofida argumentului lui Penrose privind improbabilitatea naşterii universului nostru, inflaţia cosmică continuă să fie fundamentul cosmologiei.

În vremea lui Gamow, problema era că acest univers primordial ipotetic era prea mare. În scurtul moment al exploziei Big Bangului fierbinte, lumina şi particulele

nu ar fi avut timp suficient pentru a traversa universul cât un atom de heliu. Acestea ar fi reuşit să parcurgă doar o distanţă scurtă, o fracţiune minusculă din acest univers, iar asta înseamnă că n-ar fi putut deveni niciodată uniforme sau omogene.

Să ne imaginăm un scenariu în care universul primordial este comparabil cu dimensiunea Statelor Unite ale Americii (9,82 milioane de kilometri pătraţi). În acest univers, viteza maximă de deplasare este de 16 kilometri pe oră, iar Big Bangul fierbinte durează o oră. În acea oră, lumina şi particulele pot parcurge doar 16 kilometri de la locaţia lor pentru a se conecta cu alte obiecte. Ele nu pot ajunge la nimic din ceea ce se află mai departe de 16 kilometri. În scenariul nostru, asta înseamnă că New York şi California nu vor putea să schimbe nicio informaţie, nici nu vor şti măcar fiecare de existenţa celuilalt. În acest exemplu, milioane de regiuni diferite din SUA vor fi complet deconectate şi vor evolua independent unele faţă de altele. Rezultatul va fi ca, atunci când ne-am uita în sus la cer, în loc să vedem un univers întins şi uniform am vedea un mozaic alcătuit din multe ceruri complet independente, fiecare având distribuţii de stele şi planete potenţial radical diferite. Numeroasele regiuni deconectate ale universului primordial de tip Big Bang fierbinte ar fi cu totul independente reciproc şi la fel ar fi şi

temperaturile lor. Ajungând pe repede înainte până în zilele noastre, oamenii de ştiinţă s-ar aştepta ca cerul nostru să fie ca un mozaic de temperaturi şi distribuţii de materie diferite, literalmente miliarde de ceruri diferite în unul singur. Dar în mod clar nu aşa stau lucrurile cu universul nostru. Tot ce putem vedea este aranjat uniform şi omogen.

Aşa cum s-a văzut, dimensiunea iniţială a universului impusă de teoria lui Gamow privind Big Bangul fierbinte este doar o parte a problemei reprezentate de acest model al creaţiei. În anii 1960, din motive pe care le voi explica într-un capitol ulterior, oamenii de ştiinţă ştiau că forma spaţiului în universul nostru este plană. Această descoperire se baza pe geometria elementară şi pe faptul că ori de câte ori privim la stelele îndepărtate privim înapoi în timp – ne uităm la momentul în care steaua a emis lumina, moment care se poate să fi fost cu miliarde de ani în urmă.

Pentru a înţelege cum ceva tridimensional, ca universul nostru, poate fi descris ca fiind plan, să încercăm acest experiment mintal simplu. Să alegem trei stele strălucitoare şi să le folosim pentru a desena un triunghi imaginar pe cer. (Acest triunghi va fi de fapt tridimensional pentru că, deşi cerul s-ar putea să pară bidimensional de la sol, nu este aşa; fiecare stea

este localizată nu doar în spaţiu, ci şi în spaţiu-timp, aşa încât lumina stelei este, în realitate, o stratificare incredibil de complexă de timp şi spaţiu, care converge în luminile licăritoare pe care le putem vedea cu ochiul liber.) Acum, să considerăm unghiurile triunghiului pe care l-am creat. Dacă universul nostru ar fi curbat spaţial ca o sferă, atunci suma unghiurilor din triunghiul nostru ar fi mai mare de 180 de grade, aşa cum se poate vedea în partea de sus a figurii 1. Acesta este un exemplu de univers „închis". Dacă universul nostru ar fi curbat în spaţiu ca o şa, ar fi un univers „deschis", iar suma unghiurilor pentru triunghiul desenat în acel spaţiu ar fi mai mică de 180 de grade, ca în cadrul de jos al figurii 1. Dar universul nostru nu este nici deschis, nici închis. Trăim într-un univers plat spaţial (cu curbură zero) în care suma unghiurilor unui triunghi desenat pe cerul său este exact 180 de grade, ca în cadrul din mijloc.

Revelaţia unui univers plat a însemnat o problemă spinoasă pentru eleganta teorie a creaţiei formulată de Gamow. Dacă universul ar fi început printr-un Big Bang fierbinte, obţinerea din acesta a unui univers plat folosind ecuaţiile lui Einstein ar fi fost dificilă. Ar fi necesitat o mulţime de complicaţii şi trucuri nejustificate, care n-ar fi fost motivate natural de fizica fundamentală. Un astfel de model nu ar fi considerat

nici plauzibil, nici atractiv.

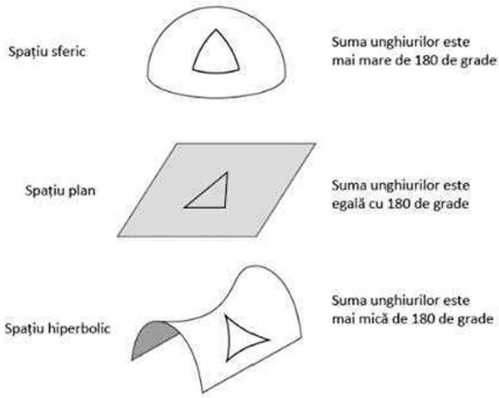
Spațiu sferic
Suma unghiurilor este mai mare de 180 de grade
Spațiu plan
Suma unghiurilor este egală cu 180 de grade
Spațiu hiperbolic
Suma unghiurilor este mai mică de 180 de grade

Figura 1. De sus în jos, un univers închis, un univers plan și un univers deschis.

Având în vedere miza pusă în joc, eşecul modelelor Big Bang de a explica cele trei caracteristici esenţiale ale universului nostru – planeitatea, omogenitatea şi uniformitatea – a reprezentat un aspect important. Era greşită teoria Big Bangului fierbinte? Teoria lui Gamow părea să facă implozie – până când o nouă teorie a intervenit în salvarea ei.

La sfârşitul anilor 1970 şi începutul anilor 1980, doi tineri oameni de ştiinţă, Alan Guth, pe atunci student postdoctoral la Universitatea Cornell, şi Andrei Linde, care lucra dincolo de Cortina de Fier, la Moscova, au avut independent unul de celălalt o idee deşteaptă pentru rezolvarea problemelor care afectau negativ teoria lui Gamow. Soluţia lor a fost denumită

„universul inflaţionist”, sau „inflaţie cosmică”, şi este considerată o capodoperă a fizicii secolului XX.

Inflaţia cosmică a lui Guth şi Linde rezolvă foarte simplu problemele Big Bangului fierbinte original: înlocuieşte supa fierbinte primordială de radiaţie despre care Gamow credea că explodase şi crease universul cu o supă fierbinte de energie. Mai exact, Guth şi Linde au postulat existenţa unei particule primordiale în rostogolire lentă la momentul Big Bangului, pe care au denumit-o „inflaton”.[8] Iniţierea unui univers cu o supă fierbinte de energie provenită de la inflatonul lent rostogolitor pare să facă toate problemele să dispară.

Un aspect central pentru forţa teoriei inflaţiei cosmice a lui Guth şi Linde îl constituie natura energiei inflatonului, care determină expansiunea universului. Este un tip special de energie, care uneori este numită „energia de vid”. Soluţia lui Guth şi Linde la toate problemele cu care se confruntau modelele Big Bangului fierbinte se bazează pe o proprietate esenţială a energiei de vid: presiunea negativă, o forţă gravitaţională repulsivă care tinde să mărească lucrurile – adică, să le umfle. Astfel, un univers

[8] O bilă lent rostogolitoare este analogă cu o minge de golf care este lovită pe o plajă de nisip şi se mişcă foarte lent, păstrându-şi aproximativ aceeaşi energie *(n. a.)*.

primordial plin cu energie de vid explodează şi creşte mult mai repede decât unul plin cu radiaţia obişnuită, postulată în vechile modele Big Bang.

De fapt, conform inflaţiei cosmice, universul nostru incipient a crescut atât de repede, încât, în decurs de o clipă – mai exact, 10^(-45) secunde – dimensiunea universului original, oricare ar fi fost aceasta, a crescut cu circa 20 de ordine de mărime. Cu alte cuvinte, mărimea sa iniţială s-a multiplicat de 1 urmat de 20 de zerouri. Pentru a ne face o idee despre scara implicată, să ne imaginăm mai întâi peretele foarte subţire al unei bule de săpun (doar câţiva nanometri). Apoi să ne imaginăm distanţa de la Pământ la Soare (aproximativ 146 de milioane de kilometri, sau cu 20 de ordine de mărime mai mare decât grosimea bulei noastre de săpun). În cazul inflaţiei cosmice, peretele bulei de săpun se extinde, într-o fracţiune minusculă de secundă, până la distanţa dintre Pământ şi Soare.

Aşadar, spre deosebire de modelele Big Bang originale, în care universul primordial trebuia să fie, conform analogiei noastre, de mărimea Statelor Unite pentru a evolua după miliarde de ani la dimensiunea observată în prezent a universului nostru, un univers rezultat în urma inflaţiei cosmice nu trebuia să aibă decât mărimea Manhattanului pentru a suferi aceeaşi expansiune. Îşi măreşte dimensiunile atât de rapid,

încât, într-o fracţiune de secundă, Manhattan devine la fel de mare ca întregul teritoriu al Statelor Unite.

Tot ceea ce este conţinut în acest univers primordial, fie că e vorba de unde de lumină sau particule, se extinde odată cu creşterea accelerată a universului. Şi, în timpul inflaţiei, aceste elemente rămân în comunicare unele cu altele în toată vastitatea universului, egalizându-şi în mod continuu temperaturile şi împrăştiindu-se omogen pretutindeni în interior. Faptul că particulele sunt capabile să menţină comunicarea în tot cuprinsul universului presupune că lanţul cauză-efect, acel principiu sacru din natură cunoscut drept cauzalitate, este conservat.

În continuare, pe măsură ce universul îşi creşte dimensiunile iniţiale de bilioane de ori, el se întinde până la planitate.

Astfel, în contrast cu modelele Big Bangului fierbinte, modelul inflaţiei cosmice reuşeşte să obţină în modul cel mai natural cu putinţă planitatea, omogenitatea şi uniformitatea.

Explicaţia oferită de Guth şi Linde pentru inflaţia cosmică se bazează în mod considerabil pe un nou domeniu al fizicii, care a luat naştere în secolul XX, teoria cuantică, despre care voi vorbi pe larg în capitolul următor. Atât câmpul energetic pe care l-au postulat pentru inflaţia cosmică, cât şi universul

microscopic care a existat în primele momente au o natură cuantică. Reiese că energia cuantică a inflaţiei cosmice care a dat naştere universului are în acelaşi timp şi o entropie extrem de scăzută, care, conform formulei lui Boltzmann – aşa cum a arătat Penrose –, implică o foarte mică probabilitate de existenţă. Prin urmare, chiar condiţiile pe care le-au declarat ca fiind prezente la crearea universului erau aceleaşi ca acelea care făceau creaţia universului incredibil de improbabilă.

În momentul în care am asimilat această legătură dintre energia inflaţiei cosmice şi faptul că energiile inflaţioniste au întotdeauna o entropie foarte scăzută, în mintea mea s-a declanşat o nouă imagine.

Inflaţia cosmică este uluitoare, este strălucită, fiind probabil cea mai reuşită poveste privind originea universului nostru de până acum – pentru asta nu am nicio îndoială. Ea oferă explicaţia cea mai logică referitoare la proprietăţile fundamentale ale universului nostru, într-o manieră care pare a fi cât se poate de naturală; observaţiile astrofizice concordă foarte bine cu predicţiile sale. Este corectă.

Dar convingerea mea personală este că, deşi corectă, inflaţia cosmică este o teorie incompletă. Ea ne cere să acceptăm o supoziţie cu totul nefirească: că universul nostru a început în modul cel mai special posibil, cu un

inflaton perfect într-o supă fierbinte perfectă de energie într-un spaţiu omogen care avea dimensiunea minimă posibilă fără ca teoria gravitaţională a lui Einstein să colapseze (ceva pe care fizicienii îl numesc lungime Planck). Aşadar, deşi inflaţia cosmică, bazată pe o supoziţie (existenţa energiei inflatonului în primul moment al vieţii universului), oferă explicaţia perfectă pentru felul în care un univers minuscul a evoluat până în starea sa actuală, întreaga poveste depindea de un mister: Ce anume i-a dat acelui inflaton energia care a iniţiat procesul inflaţionist?

Încă urmam cursurile postuniversitare şi adunam informaţiile pas cu pas. Dar iată că în faţa mea se profila un mister din ce în ce mai incitant – unul căruia mi-a fost greu să-i rezist.

3
Un salt cuantic

În plan social, nu m-a caracterizat niciodată temeritatea, dar în mediul ştiinţific cred că nu-mi lipseşte această calitate. Şi, cu mult înainte de a ajunge în America, am avut norocul că profesorii mei m-au încurajat – în felul lor propriu – să fiu astfel.

Unul dintre cei mai buni şi mai temuţi profesori de

matematică de la Universitatea din Tirana era profesorul Bardulla. După cum am auzit, familia lui fusese ucisă de regimul comunist. Era aspru şi iute la mânie şi nu zâmbea niciodată; purta un costum vechi, plin de arsuri de ţigară şi era aproape întotdeauna beat, chiar şi în timpul predării cursurilor. De multe ori aducea cu el la clasă o sticlă de băutură. Dar, chiar şi când era beat, era mai ager şi mai isteţ decât mulţi dintre colegii săi. Deşi a trecut mult timp de-atunci, îmi amintesc şi acum ochii lui permanent roşii, scânteind de un amestec de intelect puternic şi durere înăbuşită.

Am dat ultimul examen cu profesorul Bardulla şi am terminat mai devreme decât colegii mei. Când m-am ridicat să plec, s-a uitat la mine, şi-a încruntat sprâncenele dezgustat şi m-a întrebat pe un ton liniştit: „Ce-ţi trece prin gând să faci?" I-am spus că încercasem o soluţie diferită de cea pe care ne-o predase şi, folosind această scurtătură, am avut nevoie de mai puţin timp. Mi-a luat foile şi le-a citit rând cu rând.

Inima îmi bătea cu putere în timp ce-l urmăream întorcând foile şi tresărind. A ajuns la final, a pus lucrarea mea deoparte şi n-a spus nimic. Stătea cu ochii în podea în timp ce eu aşteptam să fiu dojenită. Apoi s-a uitat la mine cu severitate şi mi-a spus:

— Trebuie să-ţi dau un sfat pe care să-l ţii minte toată viaţa. Niciodată să nu mai faci asta. Niciodată să nu

încerci o metodă sau o soluţie nouă la un examen. E prea riscant. Dacă greşeşti, pici examenul. Ai înţeles? Măcar, dacă foloseşti soluţiile cunoscute, poţi să obţii o notă de trecere.

— A fost greşită soluţia mea? am întrebat cu glas firav.

— Nu, a spus e. Este corectă şi îmi place.

Îmi place. Cuvintele acestea m-au încurajat să pornesc pe calea asumării de riscuri intelectuale. (Şi, cu toate că n-aveam cum să-mi anticipez viitorul, sunt foarte bucuroasă că am cedat atracţiei pentru matematică. Mi-a dat încrederea de a nu mă feri de o problemă de fizică atunci când matematica implicată părea prea complexă.) De asemenea, mi-a fost de folos şi faptul că profesorii de fizică şi matematică din Tirana se mândreau cu studenţii lor şi ne hrăneau curiozitatea în toate modurile în care puteau. Această atitudine nu era neobişnuită. În Albania comunistă, cunoaşterea era un mod de a protesta şi a te ridica deasupra regimului sufocant. Societatea intelectuală albaneză avea un respect profund pentru cunoaştere şi totodată era însetată de aceasta, mai ales că nu erau disponibile alte distracţii şi mijloace de divertisment.

În diferite feluri, pumnul de fier al regimului a făcut cunoaşterea mai atractivă. De exemplu, interzicerea literaturii occidentale nu a făcut să fim mai puţin

interesaţi de ea. A avut efectul opus – ne-a sporit curiozitatea şi dorinţa de a citi şi a învăţa. Oameni cu competenţe superioare în diferite profesii găseau căi subversive de a scăpa de plictiseală şi cenzură. Grupuri formate din astfel de oameni se întâlneau cu regularitate la cafea, ca să-şi împărtăşească progresele şi descoperirile din domeniile lor diferite. Cercul de prieteni al părinţilor mei cuprindea de la doctori în medicină la oameni de ştiinţă, scriitori, compozitori şi artişti. Îmi plăcea să le ascult conversaţiile. Acestea mi-au lărgit orizonturile şi m-au încurajat să respect şi să-mi educ interesele pentru alte domenii.

Poate că această combinaţie între felul în care am fost crescută şi privaţiunile impuse de regim mi-au creat obişnuinţa de a analiza amănunţit întrebările care mă intrigau. Însă, oricare ar fi originea ei, această calitate a ajuns să-mi definească studiile universitare şi să-mi orienteze cercetările într-o direcţie diferită, departe de ceea ce unele dintre minţile de frunte din domeniul ales de mine considerau a fi curentul principal.

Oamenii de ştiinţă studiază fizica pentru a înţelege cum funcţionează lucrurile şi pentru a stabili principiile şi legile naturii care descriu funcţionarea lumii noastre. Într-adevăr, fizica clasică, care explică lumea macroscopică, lumea vizibilă, prezice rezultate cu o certitudine de 100%. În jargonul fizicii, ea descrie o

lume deterministă.

Dar treptat, odată cu intrarea în secolul XX, a devenit clar că anumite fenomene din tărâmul microscopic nu puteau fi explicate de legile fizicii clasice. În acel domeniu opera un alt set de principii, a cărui caracteristică principală nu era determinismul, ci o incertitudine aproape exasperantă. În câteva decenii, a luat naştere o întreagă ramură a fizicii care să se ocupe de această incertitudine: fizica cuantică, ale cărei legi şi operaţii matematice sunt descrise de mecanica cuantică. În timp ce-mi aprofundam studiile doctorale în Milwaukee, am început să bănuiesc că răspunsul la originea universului s-ar putea ascunde undeva în domeniul mecanicii cuantice.

Aşa cum am mai spus, traiectoria vieţii mele s-a schimbat în urma unor evenimente asupra cărora n-am avut niciun control. Dacă oricare dintre evenimentele care m-au adus în prezent ar fi fost diferit, viaţa mea ar fi luat-o pe o altă cale.

Astăzi, ori de câte ori predau teoria cuantică studenţilor mei, nu pot să nu mă gândesc că viaţa mea seamănă cumva cu o realitate cuantică, fiind o colecţie de şanse şi evenimente. Dacă oricare dintre acestea s-ar fi desfăşurat altfel, m-ar fi purtat pe o cale foarte diferită. Dacă Zidul Berlinului nu ar fi căzut, probabil

că aş fi continuat să trăiesc într-o dictatură, trimisă cu forţa într-un exil intern asemenea tatălui meu. Dacă aş fi cedat presiunii colegilor de a sări zidurile vreunei ambasade alături de ei, acum n-aş mai fi cercetat universul; probabil că aş fi trăit undeva în Europa, poate fără să-mi fi terminat măcar colegiul. Dacă n-aş fi trimis acea cerere pentru programul Fulbright, poate că n-aş fi plecat niciodată din Albania. Dacă n-aş fi acceptat postul de lector universitar la Universitatea din Carolina de Nord la Chapel Hill după doar un deceniu de la sosirea mea în Statele Unite şi la patru ani după ce îmi terminasem disertaţia doctorală, foarte probabil că aş fi locuit în alt stat sau în altă ţară. Şi dacă aş fi făcut o alegere mai „practică" a problemelor de cercetare şi nu aş fi cedat curiozităţii legate de crearea universului, singura teoretizare pe care aş fi făcut-o despre începuturile cosmologiei ar fi fost la o cafea sau un cocktail. Dacă oricare dintre aceste evenimente ar fi fost diferit, viaţa mea ar fi fost diferită. Şi asta este esenţa lumii cuantice, lumea din care s-a născut universul nostru.

Ca şi cum opţiunile şi incertitudinile de la nivelul unui singur individ ca mine nu ar fi suficient de derutante, descoperirile care au devenit teoria cuantică – probabil, cea mai profundă teorie din istoria ştiinţei – se combină pentru a descrie lumea întreagă în termenii

unui număr uluitor, pe niveluri multiple şi aproape incalculabil de incertitudini, un concept înnebunitor, care i-a dus pe cei mai mari oameni de ştiinţă până la limita raţiunii. Să considerăm un exemplu: în lumea cuantică, este posibil ca un singur obiect să existe în două stări diferite – să fie în acelaşi timp o particulă şi o undă şi să fluctueze la nesfârşit între cele două stări. Mai mult, întreaga lume cuantică se bazează pe probabilităţi – şansele de a avea rezultate diferite pentru aceleaşi probleme. Aceste calităţi ale lumii cuantice sfidează raţiunea şi totuşi, din punctul de vedere al fizicienilor, ele sunt realităţi ale vieţii, la fel ca gravitaţia sau schimbarea anotimpurilor.

În domeniul teoriei cuantice, majoritatea descoperirilor au apărut în secolul XX. În secolul XXI, principiile cuantice stau deja la baza tuturor discuţiilor inovatoare privind primele şi ultimele momente ale vieţii universului. Această revoluţie în gândire este cu atât mai remarcabilă când ne amintim că la sfârşitul secolului al XIX-lea, mulţi fizicieni nici măcar nu credeau în existenţa atomului.

Cel mai important pentru scopurile noastre este faptul că ascensiunea uimitoare a teoriei cuantice a pus bazele cercetărilor ulterioare la cele mai mici scări ale universului, inclusiv povestea originii microscopice a universului însuşi. Să înţelegem cum a luat naştere

acest domeniu al fizicii şi ce implicaţii are este esenţial pentru a ne lămuri de ce misterul originilor universului s-a dezlegat în acest fel.

Mare parte din meritul pentru originea mecanicii cuantice îi revine omului de ştiinţă german Max Planck. Eu şi tatăl meu ascultam cu mare plăcere transmisiunile radio cu muzica lui Bach în liniştea nopţii şi, la fel ca noi, Planck era un iubitor de muzică. Dar, în cele din urmă, a ales să studieze fizica, deşi i se tot spusese că nu mai era aproape nimic nou de descoperit. La sfârşitul secolului al XIX-lea, nimeni nu ar fi bănuit, nici măcar Planck însuşi, că el va deveni elementul perturbator care a pus în pericol secole de fizică clasică şi un revoluţionar care anunţat sosirea noului secol, aşa-numita *la belle époque* a fizicii, cu o nouă teorie a naturii denumită mecanica cuantică.

Fizica clasică descrie o lume deterministă. Dar, în timpul lui Planck, a devenit clar că anumite fenomene din domeniul microscopic nu puteau fi explicate prin legile fizicii clasice. În acel domeniu acţiona un alt set de principii, cele ale teoriei cuantice.

Conservator în gândire şi renumit pentru integritatea sa ştiinţifică, Planck a început ca susţinător energic al fizicii clasice. Asemenea protejatului său, Einstein, el admira teoria clasică a electromagnetismului formulată

de James Clerk Maxwell, care a unificat electricitatea şi magnetismul şi este considerată una dintre marile descoperiri ale secolului al XIX-lea. Teoria lui Maxwell descrie un curent continuu (spectru) de energii provenite din câmpurile ondulatorii electric şi magnetic. Aceste energii de radiaţie sunt adesea denumite „unde luminoase”. Aceste unde luminoase se vor afla în centrul poveştii legate de convertirea lui Planck – şi a lui Einstein.

Undele luminoase au o serie de proprietăţi comune cu toate celelalte tipuri de unde (prezentate în Figura 2). Fie că sunt făcute din lumină, sunet sau apă de mare, undele au trei caracteristici comune: lungimea de undă, care este distanţa de la un maxim al undei până la celălalt; frecvenţa, care măsoară câte lungimi de undă (sau maxime) trec printr-un punct fix în fiecare secundă; şi amplitudinea, tăria undei, care este măsurată prin înălţimea maximului undei. Dar, spre deosebire de undele care necesită un mediu – un material prin care unda se poate deplasa şi poate fi susţinută –, undele electromagnetice ale lui Maxwell se pot propaga într-un spaţiu-timp gol, respectiv în vid. Ele se pot susţine singure transformându-se dintr-o formă în alta în timp ce se deplasează, un câmp electric devenind unul magnetic şi viceversa, în cicluri. (Singurele alte unde cunoscute în natură care se pot

împrăştia printr-un vid sunt undele gravitaţionale – un tip de unde care, în epoca lui Planck, încă nu fuseseră descoperit.)

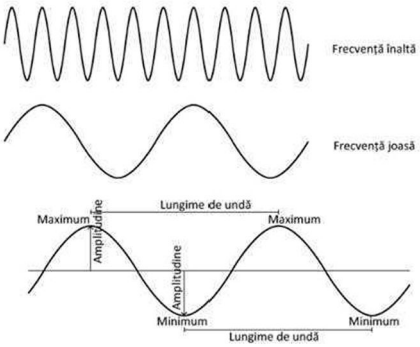

Figura 2. Caracteristicile undei, definite de amplitudinea, frecvența și lungimea de undă, așa cum s-a arătat.

La început, admiraţia pentru opera lui Maxwell i-a determinat pe Planck şi Einstein să se opună chiar teoriei pe care încercau s-o impună. În acelaşi timp însă, amândoi aveau o combinaţie de trăsături pe care toţi marii oameni de ştiinţă le manifestau, şi atunci, şi acum: curajul de a propune idei radicale, revoluţionare, prin exercitarea unui scepticism riguros, un scepticism care necesită analizarea stăruitoare şi neîndurătoare a fiecărui detaliu al ideilor lor. Un bun om de ştiinţă este în acelaşi timp un rebel şi un conservator, un creator şi un critic.

În cele din urmă, Planck s-a detaşat de fizica clasică datorită influenţei teoriei atomice a lui Boltzman şi a relaţiei dintre probabilităţi şi entropie, formulată tot de

Boltzman, o teorie căreia i s-a opus şi i-a rezistat timp de un deceniu. Planck avea 42 de ani când a declarat, în octombrie 1900, că lumina are o „personalitate dublă". Era nu doar o undă de radiaţie, aşa cum o imaginase Maxwell, ci şi o colecţie de particule numite fotoni (botezate astfel de Einstein, de la cuvântul grecesc pentru „lumină"). Această idee avea să răstoarne fizica cu susul în jos şi să netezească drumul pentru unele dintre cele mai revoluţionare cercetări legate de cosmos.

Planck şi-a publicat ipoteza conform căreia lumina era o colecţie de cuante discrete (în termeni obişnuiţi, fascicule de unde de radiaţie) care seamănă cu particulele.[9]

Colecţia de cuante de energie a lui Planck a fost prima descriere făcută vreodată unei particule cuantice. Ideea sa a dezvăluit o nouă componentă din ADN-ul naturii: dualitatea undă-particulă a mecanicii cuantice. Cu timpul, cuantele lui Planck vor forma baza unui nou domeniu al fizicii – şi gazda unor teorii şi descoperiri noi legate de originile universului.

De asemenea, Planck a înlocuit spectrul continuu al

---

[9] Fiecare cuantă sau particulă de lumină cu frecvenţa poartă o unitate de energie $E = h\nu$. În expresia lui Planck, h este un factor numeric, o constantă universală a naturii, pe care el a introdus-o „cu mâna". Acum este cunoscută sub denumirea de constanta lui Planck *(n. a.)*.

undelor lui Maxwell cu o mulţime de niveluri energetice în trepte (cuantificate). După cum spunea el, energiile undelor luminoase nu se rostogolesc continuu una în cealaltă, ci sar de la un nivel la următorul în paşi discreţi, fiecare pas reprezentând o cuantă finită la un moment dat.

Pentru a ilustra spectrul cuantificat al lui Planck, să presupunem că tu eşti acea undă luminoasă, iar nivelurile energetice sunt etajele dintr-o clădire. Să ne imaginăm că vrei să cobori de la etajul al doilea (energie mai mare) la primul etaj (energie mai mică). Poţi face asta fie luând liftul, care va coborî în mod continuu, prin mici deplasări incrementale şi line, fie luând-o pe scări, caz în care vei coborî în paşi finiţi, unul câte unul. Nu poţi să cobori o jumătate sau un sfert de treaptă. Dacă nu vrei să cazi, va trebui să cobori exact câte o treaptă – o cuantă. În analogia noastră, o clădire proiectată de Maxwell nu va avea o scară; o clădire proiectată de Planck nu va avea un lift.

Contribuţia lui Planck a fost temerară şi importantă. Ea a aşezat prima piatră din temelia teoriei cuantice, din care va lua naştere o nouă teorie a naturii. De asemenea, s-a dovedit esenţială pentru investigaţia mea în descifrarea originii universului. Pentru că opera lui Planck a arătat că, în primele sale momente, universul nostru nu era doar un obiect, ci şi o undă.

Pasul următor în dezvoltarea mecanicii cuantice a fost să se demonstreze că dualitatea undă-particulă nu se rezuma doar la lumină. Aici, ies în evidenţă două contribuţii hotărâtoare. Fizicianul danez Niels Bohr a propus un model atomic în care particulele numite electroni se roteau în jurul nucleului atomic pe orbite bine definite. În acelaşi timp, fizicianul francez Louis de Broglie a emis ipoteza conform căreia electronii se comportă atât ca unde, cât şi ca particule.

Saltul conceptual al lui de Broglie ne-a făcut să vedem toate particulele şi lumina din univers atât ca unde, cât şi ca particule. Toate particulele, inclusiv tu şi cu mine. Inclusiv tot universul! Suntem în acelaşi timp praf de stele şi lumină de stele. Suntem cu toţii unde!

Tratez cu uşurinţă o afirmaţie profundă despre implicaţiile dualităţii undă-particulă a materiei şi luminii, o proprietate „universală" a universului, care solicită imediat câteva întrebări simple: dacă tu şi cu mine suntem unde, cum se face că nu vedem o undă în urma noastră în timp ce mergem pe stradă? De ce nu suntem luminoşi ca stelele? Dacă eul dual al cuiva, umbra cuantică, poate fi o undă, de ce nu poate acea persoană să treacă prin sticlă sau ziduri, aşa cum fac undele luminoase şi acustice?

Dacă te tentează ideea de a testa acasă această ultimă

întrebare (aşa cum am făcut eu fără voia mea în momentele în care eram cu capul în nori), pot să ofer o motivaţie ştiinţifică pentru a renunţa să faci asta: lungimea ta de undă este mult prea mică ca să poţi trece prin sticlă sau prin zid. Un om de greutate medie care se deplasează cu o viteză normală ar avea o lungime de undă de circa 10^(-36) metri (asta înseamnă 1 de împărţit la 1 urmat de 36 de zerouri), suficient de mică pentru a fi imposibil de observat, mult mai mică decât grosimea oricărui zid pe care ai vrea să-l penetrezi, astfel că este irelevantă pentru experienţa ta. Orice obiect mai mare decât un om, cum ar fi o planetă, o stea sau o galaxie, ar avea o lungime de undă asociată şi mai mică, aşa că putem să ignorăm fără probleme natura ondulatorie a respectivelor obiecte. Obiectele mari şi grele au lungimi de undă foarte mici. Obiectele uşoare şi micuţe au lungimi de undă mai mari. În consecinţă, în fizica clasică, care guvernează lumea obiectelor macroscopice, obiectele sunt doar obiecte, iar undele sunt doar unde, niciunul dintre ele neputând fi simultan atât undă, cât şi obiect.

Am învăţat că noi, oamenii, nu putem să ne schimbăm uşor în forme de undă chiar în seara de dinaintea susţinerii disertaţiei doctorale în Milwaukee. De multe ori se întâmplă ca fizicienii să fie absorbiţi de propriile gânduri şi cu siguranţă că aşa eram şi eu în

acea seară. Mă dusesem la librăria din cartierul meu, care avea şi o cafenea, şi am stat acolo ore în şir reverificându-mi formulele şi explicaţiile. Am plecat, în sfârşit, epuizată, dar tot eram pierdută în gânduri, revăzând în minte paginile cu ecuaţii pentru o ultimă verificare, în timp ce mergeam. Aşadar, într-un anumit sens, existam în capul meu doar ca o formă de undă, dar neglijam să ţin cont de faptul că eram totodată şi un obiect fizic. Am ajuns la strada principală care ducea la clădirea unde locuiam şi am început să traversez însă, aşa cum îmi era obiceiul, nu mă uitam niciodată să văd dacă nu cumva lumina pentru pietoni era roşie. (Era.) Mai rău, dar tipic pentru mine, când am urcat pe trotuar, m-am ciocnit de cineva. Mi-am cerut scuze fără să ridic privirea, nebăgând de seamă că era un poliţist. A strigat după mine şi mi-a dat o amendă de o sută de dolari pentru traversare neregulamentară. Mi-am mai cerut scuze odată şi am încercat să-l îmbunez explicându-i că a doua zi trebuia să-mi susţin lucrarea de doctorat şi eram atât de concentrată asupra ei, încât nu observasem lumina roşie a semaforului. „Întocmai", a spus el. „Asta vă va salva viaţa. Data viitoare când o să mai fiţi atât de adâncită în propriile gânduri, vă veţi aminti că sunteţi singura persoană din Milwaukee care a primit vreodată o amendă de o sută de dolari pentru traversare neregulamentară. Data viitoare veţi fi atentă

la semafor.”

Lucrurile ar fi stat altfel dacă aş fi existat într-o lume cuantică! Spre deosebire de un obiect clasic, care are o poziţie specifică într-un punct din spaţiu – de exemplu, lângă semaforul de pe o parte a drumului – o undă este un obiect extins care se împrăştie în tot spaţiul. În acest exemplu, dacă m-aş fi putut preschimba într-o formă de undă, aş fi putut exista simultan pe ambele părţi ale străzii – fără să încalc nicio regulă de circulaţie.

Într-o exprimare moderată, particulele subatomice sunt foarte diferite de obiectele mari şi grele (cum sunt oamenii) şi operează foarte diferit; sunt uşoare şi minuscule. Acesta este domeniul guvernat de teoria cuantică şi în care întreaga materie manifestă simultan natura dual ă de undă şi particulă. Un electron, un proton, un neutron, un quark, un atom, un foton şi chiar întregul univers în faza sa minusculă incipientă – toate sunt unde şi particule în acelaşi timp!

În mod paradoxal, ştim că această dualitate undă-particulă este adevărată în urma unui experiment de fizică clasică efectuat prima oară în 1801 de către Thomas Young. Denumit experimentul cu fantă dublă, acesta explică, foarte simplu, o proprietate esenţială a undelor denumită superpoziţie. Când avem mai multe unde într-un loc, ele se însumează, literalmente, punct

cu punct; această însumare este cunoscută ca superpoziţia undelor, iar ceea ce rezultă poartă numele de franje de interferenţă.

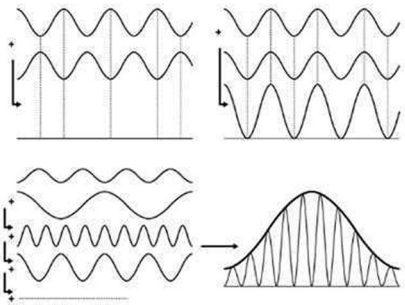

Figura 3. Superpoziția undelor când acestea sunt defazate (*stânga sus*) și în fază (*dreapta sus*). Mai multe unde cu faze, frecvențe și amplitudini diferite se însumează sub forma unui pachet de unde (*jos*).

Din experienţa zilnică, ştim că superpoziţia este adevărată. Când te duci la un concert, nu auzi undele sonore produse de fiecare instrument individual din orchestră; mai degrabă, muzica pe care o auzi este pachetul tuturor undelor sonore ale instrumentelor însumate. În mod similar, când aprinzi becurile ascunse din hol, nu distingi fiecare undă luminoasă de la fiecare bec; mai degrabă, vezi pachetul de unde luminoase de la toate becurile combinate într-una singură. Anvelopa tuturor acestor unde suprapuse care se mişcă împreună ca o singură unitate se numeşte pachet de unde. (Aşa cum vom vedea mai târziu, în primele momente ale existenţei sale, universul nostru a fost un pachet de unde.)

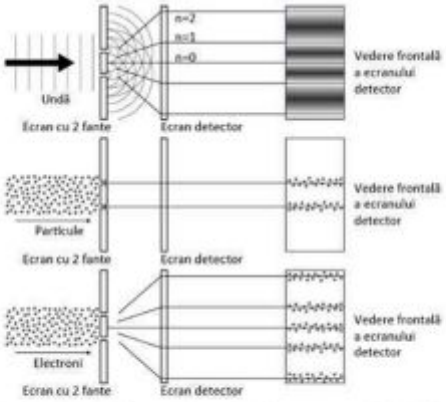

Figura 4. Experimentul cu fantă dublă. *Desenul de sus:* Lumina trece prin două fante şi creează franje de interferenţă pe ecranul din spate. *Desenul din mijloc:* Dacă electronii ar fi particule, atunci am vedea doar două pete strălucitoare pe ecranul din spate. *Desenul de jos:* Electronii trebuie să fie şi unde pentru că se însumează şi interferează, la fel cum fac undele luminoase din desenul de sus; prin urmare, vedem multe puncte întunecate şi luminoase pe ecranul de proiecţie — franjele de interferenţă ale undelor electronice („n" se referă la benzi).

În experimentul cu fantă dublă, cel care-l face luminează cu o lanternă un panou cu două fante şi apoi observă modelul proiectat pe un ecran aflat în spate. Dacă ai astfel de înclinaţii, poţi să încerci şi singur asta. Modelul pe care îl vei vedea pe ecran este o serie alternativă de pete luminoase şi întunecate, pentru că în unele locuri undele se amplifică reciproc, iar în altele se anihilează între ele. Dacă unda luminoasă care trece prin prima fantă se afla la un maxim în vreme ce unda luminoasă ce străbate a doua fantă se afla la un minim, atunci maximul anulează minimul; însumarea celor două unde dă zero şi produce o pată întunecată pe ecran, ca în Figura 4. (Numim asta „interferenţă distructivă".) Dar dacă cele două unde luminoase diferite care trec prin cele două fante diferite se vor afla amândouă la un maxim, atunci se amplifică reciproc –

însumarea lor produce un maxim şi mai mare – şi apar ca o pată luminoasă pe ecran („interferenţă constructivă”).

În general, fasciculul de unde acustice din majoritatea locurilor dintr-o sală de concerte sau fasciculul de unde luminoase din locuinţa ta nu au toate undele în fază sau complet defazate, ci undeva într-o zonă intermediară. Adesea, fazele sunt distribuite aleatoriu; prin urmare, însumarea undelor, şi nu amplificarea unei linii plate, conduce la un pachet de unde cu o înfăşurătoare ca în Figura 3.

Mai mult, nu contează ce fel de unde folosim. Undele acustice produc acelaşi model de interferenţă ca şi undele luminoase. Inginerii de sunet ştiu că, din cauza interferenţei distructive, există zone de „locuri ieftine”, în care muzica abia poate fi auzită, pentru că, atunci când undele acustice ajung în acele locuri, sunt defazate şi se anulează reciproc. (Aceste zone din sălile de concerte sunt, de fapt, petele întunecate din experimentul cu fantă dublă.) în aceeaşi sală, există alte zone de „locuri scumpe”, care beneficiază de interferenţă constructivă; în aceste locuri, undele acustice sunt în fază şi muzica este amplificată. (Acestea sunt petele strălucitoare din experimentul cu fantă dublă.) în apă, undele produc aceleaşi franje de interferenţă. Dacă ar fi să arunc două pietre într-un iaz,

aş vedea cum valurile rezultante se întâlnesc şi fie se amplifică, fie se anulează reciproc în modulaţii de minime şi maxime, care formează franje de interferenţă.

Acelaşi fenomen are loc şi în lumea cuantică, dar cu particulele subatomice. Când trimiţi un fascicul de electroni (sau de orice alte particule cuantice) prin fanta dublă, obţii aceleaşi franje de interferenţă cu pete întunecate şi luminoase pe ecran ca şi în cazul undelor luminoase. Într-adevăr, experimentul cu fantă dublă oferă o oportunitate rară şi timpurie de a testa mecanica cuantică. Dacă mecanica cuantică ar fi un nonsens, dacă nu ar exista această dualitate undă-particulă, dacă particulele ar fi doar particule, atunci trimiterea unui fascicul de electroni printr-o pereche de fante ar echivala cu aruncarea unor bucăţi de marmură prin ferestre deschise. Bucăţile de formă neregulată ar lăsa zgârieturi aleatorii pe perete în locurile de impact. Dar în cazul electronilor, experimentul cu fantă dublă dezvăluie franje de interferenţă complete (desenul de jos din Figura 4), confirmând proprietăţile ondulatorii ale electronilor. Aşa cum vom vedea în continuare, când undele sunt universuri incipiente, franjele de interferenţă ale undelor devin esenţiale în testarea originii universului nostru.

Mulţumită operei lui Planck şi de Broglie, precum şi a altor giganţi din fizica secolului XX care le-au călcat pe urme, dualitatea undă-particulă este un concept fundamental în fizica zilelor noastre – şi de asemenea continuă să revoluţioneze modul în care înţelegem cosmosul. Poate că nicăieri nu este această revoluţie mai profundă decât în studierea originilor universului. Ştim că universul embrionar – el însuşi un obiect cuantic – era mult mai mic decât un electron sau un quark. Aşa cum vom vedea în scurt timp, interferenţa cuantică în universul embrionar este o cheie esenţială pentru dezlegarea misterului legat de creaţia universului.

Până la sfârşitul zilelor sale, Planck s-a codit să-şi asume vreun merit pentru revoluţia ştiinţifică iniţiată de propria sa operă. Timp de peste două decenii, Planck a dorit ca ideile sale să fie considerate pur matematice şi nu o realitate fizică semnificativă. Disconfortul său legat de teoria cuantică este cel mai bine surprins în propriile sale cuvinte, gravate pe peretele holului din Muzeul Premiului Nobel din Gamla Stan, Stockholm. Aceste cuvinte îşi păstrează şi astăzi valoarea de adevăr: „Un nou adevăr ştiinţific nu triumfă prin convingerea oponenţilor săi şi prin a-i face să vadă lumina, ci mai degrabă pentru că oponenţii săi

mor în cele din urmă şi creşte o generaţie nouă care este familiarizată cu el". (De atunci, această butadă a fost scurtată în fraza mai plină de miez: „Ştiinţa avansează cu fiecare nouă înmormântare.")

Cu toate acestea, Planck şi alţi pionieri din domeniul ştiinţei au dezvoltat o nouă şi durabilă teorie a naturii. Pe la mijlocul anilor 1920, revoluţia iniţiată de Planck a devenit de neoprit. Fenomenele care anterior apăruseră ca fiind misterioase în fizica clasică şi-au găsit în noua teorie explicaţii simple. Modelul atomic al lui Bohr şi modelul electronului ca undă al lui de Broglie au împins frontierele şi mai mult demonstrând că nu doar lumina, ci şi materia este, simultan, undă şi particulă. Odată convinşi că deţin răspunsul corect, părinţii fondatori ai teoriei cuantice au făcut un pas ce părea de neconceput: s-au împotrivit cu tărie fizicii clasice şi au păşit în domeniul cuantic, schimbând pentru totdeauna felul în care gândesc oamenii. Aveam să simt pe pielea mea ce a putut să însemne acel gen de rezistenţă când am ieşit în public cu teoria mea privind originile universului – dar să nu anticipăm.

Din experienţa mea, ştiu că fizicienii au ei înşişi vieţi duble. Pot fi oameni normali, relaxaţi, fericiţi, chiar haioşi, dar dintr-odată devin complet opusul când sunt cufundaţi în muncă sau când dezbat ori îşi analizează

unii altora ideile. Timpul se opreşte; viaţa se opreşte; nu mai e loc pentru emoţii. Tot ce contează este rigoarea matematică şi logica impecabilă, ambele necesitând concentrare intensă. Rezolvarea problemei este singurul lucru care contează, pentru că momentul în care în sfârşit ai găsit răspunsul este magic.

Soţul meu, Jeff Houghton, nu este fizician. L-am cunoscut în Albania în 1992, când a venit din Marea Britanie ca să lucreze în calitate de consilier economic în cadrul unui proiect de dezvoltare economică al Uniunii Europene, şi am devenit prieteni. Proiectul lui în Albania s-a încheiat în decembrie 1993, cu o lună înainte ca eu să părăsesc ţara pentru a zbura în Statele Unite. Întrucât urma să locuim în două ţări diferite, eram convinsă că nu ne vom mai vedea vreodată. Aşa că el era ultima persoană pe care mă aşteptam s-o văd în acea zi de ianuarie după o lună, când mi-am auzit numele rostit în staţia de pe aeroportul din Zürich şi am fost solicitată să mă îndrept spre biroul companiei Swissair.

El stătea acolo cu o atitudine relaxată, ca şi cum faptul că ne întâlneam din întâmplare pe aeroportul din Zürich era un lucru perfect normal. M-a îmbrăţişat şi m-a întrebat dacă beau cu el o cafea, adăugând că el trebuie să bea una pentru că plecase de la Londra cu avionul foarte devreme ca să ajungă la Zürich înaintea

mea. Apoi m-a întrebat dacă aş vrea să mă însoţească în avionul care avea să mă ducă în Statele Unite.

Eram confuză, dar din politeţe i-am spus: „Da, te rog”, ceea ce a atras un rând de aplauze de la oamenii din spatele biroului Swissair. L-am întrebat dacă n-ar fi bine să cumpărăm şi pentru el un bilet de avion înainte să mergem la cafea. Angajata Swissair a zâmbit şi mi-a spus că el îşi cumpărase deja bilet pentru acel zbor, pe locul de lângă mine, încă înainte ca avionul meu să aterizeze.

O vreme, înainte să ne căsătorim şi să o aducem pe lume pe fiica noastră, el a lucrat în Europa, iar eu locuiam în Statele Unite, dar vorbeam la telefon zilnic, reuşind astfel să facem ceea ce particulele subatomice nu pot: să ne ştim cu certitudine simultan atât viteza, cât şi poziţia.

Cum au ajuns oamenii de ştiinţă să ştie despre şi să descrie lipsa de certitudine din proprietăţile lumii subatomice – următorul mare salt „cuantic” din călătoria noastră intelectuală – este una dintre poveştile mele preferate din fizica modernă. Ea începe, destul de adecvat, cu un student la cursuri postuniversitare.

În anii 1920, la Copenhaga, un student german de 21 de ani, extrem de talentat, Werner Heisenberg, a luat parte la una dintre prelegerile lui Bohr despre modelul

atomic şi a fost atât de impresionat, încât a cerut să devină asistentul lui Bohr. După câţiva ani, în 1927, Heisenberg şi-a prezentat pentru prima oară principiul de incertitudine, elementul constructiv central al mecanicii cuantice – teoria pe care aveam să mă bazez în dobândirea unei noi înţelegeri a momentului creaţiei.

Principiul de incertitudine al lui Heisenberg spune că, la nivel subatomic, natura ne împiedică să ştim simultan şi cu precizie poziţia şi viteza unei particule. Este esenţial pentru a explica de ce lumea cuantică abundă în această incertitudine constantă şi de ce fiecare rezultat se bazează pe probabilităţi. Principiul este clădit pe natura dual a particulelor cuantice, care sunt în acelaşi timp şi particule, şi unde. Când încercăm să măsurăm viteza cu care se deplasează o particulă cuantică, particula trece în geamănul său dual, o undă. În loc să fie o particulă punctiformă care locuieşte la o singură adresă şi are un sigur cod poştal, unda se împrăştie în tot universul, aşa cum este ilustrat în Figura 5. Prin urmare, când viteza particulei este cunoscută, poziţia sa este greu de determinat. Şi viceversa – când poziţia unei particule este măsurată exact, atunci gama valorilor posibile pentru viteza sa creşte.

Astfel, viteza şi poziţia unei particule sunt blocate

pentru totdeauna într-o relaţie contradictorie. Dacă măsori viteza unei particule cu o asemenea precizie încât marja ta de eroare este apropiată de zero, atunci natura te împiedică să ştii precis unde e localizată particula, oricât de inteligent ai fi şi oricât de sofisticate ţi-ar fi dispozitivele de măsurare. Particula cuantică (adică, unda) poate fi găsită oriunde în univers şi nu vei şti niciodată sigur unde. Motivul din spatele acestei situaţii este explicat de aritmetică: Unu împărţit la zero este infinit. Dacă eroarea de măsurare a vitezei particulei este aproape zero, atunci eroarea pe care o vei face în localizarea acesteia este în mod corespunzător foarte mare – de fapt, aproape infinită.

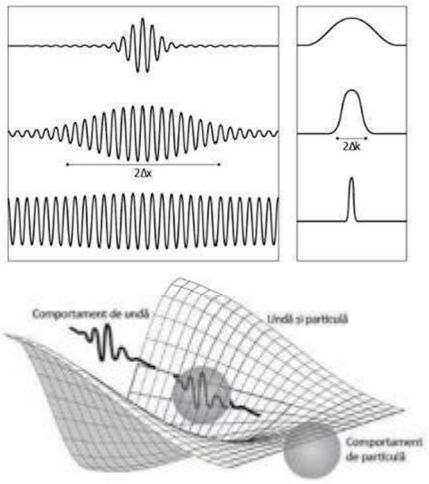

Figura 5. Sus: Dispersia undei şi particulei când viteza este cunoscută cu mare precizie. Un pachet de unde îngust (Δx mic) corespunde unei dispersii mari a lungimilor de undă (Δk mare); un pachet de unde larg (Δx mare) corespunde unei dispersii mici a lungimilor de undă (Δk mic). *Jos:* O ilustrare a dualităţii undă–particulă reprezentată pe un fundal imaginar al spaţiu-timpului. O particulă este echivalentă cu un pachet de unde; în cea mai mare parte, este „adunată" în jurul poziţiei particulei, dar părţi ale undei continuă să se întindă spre infinitate.

Principiul de incertitudine al lui Heisenberg captează într-o formă matematică incertitudinea universului cuantic, în care informaţia, fie ea energie sau impuls, se dispersează pe o gamă de posibilităţi, în loc să deţină o singură valoare. Aceste posibilităţi nu există în fizica clasică – în lumea vizibilă. Dar o lume cuantică este construită din pachete de unde care oscilează şi se dispersează. Cel mai bun lucru pe care îl putem face pentru a descrie o lume cuantică este să estimăm şansele (în limbaj ştiinţific, probabilitatea) fiecărui curs posibil pe care îl poate lua o particulă cuantică. Şi întrucât universul nostru a început ca un obiect cuantic, relaţiile de incertitudine ale lui Heisenberg erau întreţesute în mod intrinsec în textura sa din faza embrionară şi rămân chiar şi în universul nostru mare, vizibil şi clasic de astăzi.

Pentru cosmologi, implicaţiile principiului lui Heisenberg sunt simple. Nu putem prezice ce se va întâmpla cu universul. Cel mai bun lucru pe care-l putem face este să calculăm şi să vorbim despre probabilităţile ca aceste evenimente aibă loc.

Desigur, Heisenberg era cât se poate de conştient de cât de straniu sună tipul său de univers. După cum s-a exprimat biologul britanic J. B. S. Haldane: „Universul nu este doar mai ciudat decât presupunem, ci mai ciudat decât putem presupune”.

Einstein însuşi n-a putut să asimileze implicaţiile absurde ale principiului lui Heisenberg. Un univers cuantic poate să sune ciudat chiar şi pentru un fizician experimentat, dar asta este irelevant. Fie că acceptăm sau nu, natura a ales pentru noi. Numeroase experimente au confirmat valabilitatea teoriei cuantice cu un grad ridicat de precizie. Universul a trecut de partea lui Heisenberg.

Dar când sunt aplicate întregului univers consecinţele principiului de incertitudine sunt alarmante. Ele implică faptul că într-un univers cuantic nimic nu poate fi determinat cu certitudine. Niciodată! În schimb, ele sugerează că natura operează o loterie la scară universală. Dacă fiecare univers posibil din natură corespunde unui bilet de loterie individual, fiecare dintre ele are şanse diferite de zero de a fi biletul câştigător, dar niciunul nu este 100% câştigător. Se acceptă orice!

Să ne imaginăm un univers care conţine o planetă Pământ, pe care există o ţară mică numită Albania. Să spunem că la 13,8 miliarde de ani după Big Bang, există 30% şanse ca Albania să devină o dictatură, 40% şanse să nu devină şi 30% şanse ca această ţară să nu existe deloc în univers. Nu există nicio modalitate de a şti, în momentul în care universul nostru îşi începe existenţa, care dintre evenimente va avea loc după 13,8 miliarde

de ani. În schimb, avem o gamă de şanse ale diferitelor posibilităţi ca un eveniment să se întâmple. În loc să opereze într-o manieră deterministă, fiecare eveniment din univers, inclusiv starea însăşi a universului primordial, este indeterminist. Universul este în mod fundamental incert.

Până la sfârşitul vieţii sale, Einstein a fost convins că din mecanica cuantică lipsea ceva, un concept profund. El şi alţi părinţi fondatori ai acestei discipline nu puteau accepta indeterminismul pe care principiul de incertitudine l-a introdus în natură, aşa că au încercat să forţeze încadrarea noii lor teorii într-un construct care nu putea susţine decât un singur univers determinist. În acest fel saga universului unic a continuat pe toată durata secolului XX. Dar fără succes. În cele din urmă, acest eşec a condus la construirea fundamentelor intelectuale pe baza cărora a început căutarea unei teorii testabile a multiversului în secolul XXI.

Ca şi cum principiul de incertitudine enunţat de Heisenberg n-ar fi fost îndeajuns de neliniştitor, în scurt timp o nouă evoluţie a purtat domeniul fizicii cuantice într-o direcţie şi mai incertă.

La începutul anilor 1920, lucrând independent de Bohr şi Heisenberg, fizicianul austriac Erwin

Schrödinger, intrigat de descoperirea lui de Broglie conform căreia electronii erau atât unde, cât şi particule, s-a concentrat pe dualitatea undă-particulă a mecanicii cuantice. Împreună cu Planck, Einstein, Bohr şi Heisenberg, Schrödinger s-a străduit până la sfârşitul vieţii sale să demonstreze netemeinicia implicaţiilor teoriei cuantice.

Şi totuşi, în 1926, Schrödinger a făcut cea mai importantă descoperire a vieţii sale şi, fără ca el să-şi dea seama de asta în acel moment, a vieţii unor generaţii de fizicieni. Această descoperire a fost ecuaţia lui Schrödinger. Ea permite oamenilor de ştiinţă să calculeze ce se întâmplă în timp cu o particulă cuantică asupra căreia acţionează forţe externe. Ecuaţia lui Schrödinger este totodată ultimul pilon care definitivează înţelegerea de către noi a fizicii cuantice.

Ecuaţia lui Schrödinger nu e atât de imposibilă pe cât pare. Ca s-o înţelegem, să ne imaginăm un grup de fizicieni care fac o plimbare pe un lanţ muntos – de exemplu, Munţii Stâncoşi din Statele Unite sau munţii din Lake District din Anglia. Să presupunem că toţi fizicienii au la ei câte-un pumn de bile de sticlă (jucăriile preferate ale fizicienilor!). Când ajung în vârful unui munte, fizicienii noştri scapă din greşeală bilele. Consternaţi, ei se uită cum bilele se rostogolesc pe coasta muntelui în toate direcţiile şi se opresc în

văile şi lacurile din apropiere.

Bilele de sticlă din acest scenariu se vor tot rostogoli şi nu se vor opri până când nu ajung pe fundul unei văi deoarece gravitaţia Pământului le trage în jos. De fapt, ele accelerează în timpul rostogolirii pentru că energia lor totală (alcătuită din energia cinetică plus energie potenţială gravitaţională) trebuie să se conserve. Pe măsură ce bilele se apropie de fund, energia lor de interacţiune cu câmpul gravitaţional terestru, cunoscută ca energie potenţială, este convertită în energie de mişcare sau cinetică, pentru a compensa scăderea energiei potenţiale gravitaţionale, astfel încât suma celor două să rămână neschimbată. Expresia matematică a conservării energiei totale este o ecuaţie care descrie mişcarea clasică a fiecărei bile care se rostogoleşte la vale.

Lăsând deoparte pentru moment diferenţa dintre o particulă clasică şi una cuantică, ecuaţia lui Schrödinger joacă acelaşi rol ca şi ecuaţia clasică de mişcare de mai sus, pentru bilele de sticlă. Având informaţii despre masa particulei şi forţele externe care acţionează asupra ei, această ecuaţie descrie cum evoluează în timp o particulă cuantică. Este versiunea cuantică a ecuaţiei clasice de mişcare. Ambele seturi de ecuaţii sunt ghidate de acelaşi principiu: ele limitează energia totală a particulei – suma energiilor cinetică şi

potenţială trebuie conservată. Energia nu poate fi creată din nimic, prin urmare, trebuie conservată.

Ca să înţelegem cum funcţionează asta, să ne imaginăm acum că energia potenţială gravitaţională a Pământului, reprezentată de munţi şi de bilele de sticlă, a fost redusă la scară până la dimensiuni subatomice – să zicem, mărimea electronilor. Aceşti electroni sunt în prezenţa unui câmp extern similar cu acţiunea câmpului gravitaţional asupra bilelor de pe munte. Tipul de câmp extern la care sunt supuşi electronii nu contează pentru scopurile noastre; această forţă externă poate fi gravitaţională, nucleară, electromagnetică sau de altă natură. Tot ce contează este că o forţă externă acţionează asupra electronilor, la fel cum bilele sunt supuse atracţiei gravitaţionale a Pământului. Mişcarea acestor electroni este dată de soluţiile ecuaţiilor lui Schrödinger.

În pofida similitudinii dintre ele, ecuaţiile de mişcare, cea clasică şi cea a lui Schrödinger, sunt foarte diferite conceptual în anumite privinţe. Ecuaţia lui Schrödinger operează într-o lume cuantică şi tratează particulele ca şi cum ar fi unde. Pentru a complica lucrurile, ea nu produce un singur răspuns la întrebarea cum se va mişca „bila cuantică”. În schimb, oferă o familie de unde, fiecare dintre acestea mişcându-se pe o traiectorie diferită.

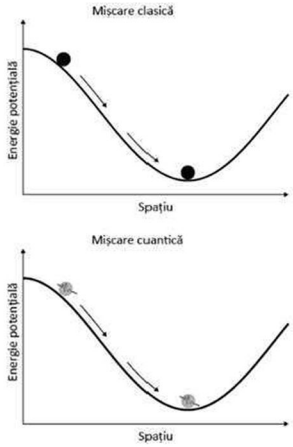

Figura 6. Graficul de sus prezintă o bilă de sticlă care se rostogolește pe panta unui munte sub influența energiei potențiale gravitaționale a Pământului. Graficul de jos arată o particulă cuantică, cum ar fi un inflaton, rostogolindu-se pe panta unui câmp energetic potențial. Datorită lui Schrödinger, știm că această particulă cuantică este în același timp o undă de probabilitate.

Un aspect crucial este acela că fiecare soluţie-undă care rezultă din ecuaţia lui Schrödinger este interpretată ca o undă de probabilitate, ceea ce înseamnă că o particulă cuantică are o probabilitate diferită de zero de a urma oricare dintre aceste traiectorii de undă – şi nu ştim dinainte pe care o va alege particula.

Mai mult, spre deosebire de particulele clasice, vizibile, care urmează traiectorii determinate în spaţiul-timp real, particulele cuantice evoluează într-un spaţiu al traiectoriilor posibile, fiecare cu probabilitatea sa de a se întâmpla.[10] Această

[10] Mulţimea acestor traiectorii probabile ale undelor se numeşte spaţiu Hilbert, după matematicianul David Hilbert *(n. a.)*.

multitudine de traiectorii posibile surprinde întreaga incertitudine a lumii cuantice.

Heisenberg, cel căruia îi datorăm principiul de incertitudine, a acceptat ideea ca soluţiile ecuaţiei de undă a lui Schrödinger să fie concepute ca unde de probabilitate.[11]

Ecuaţia lui Schrödinger a reuşit să dezvăluie în sfârşit „maşinăria" cuantică completă – dispozitivul matematic – pe care natura o foloseşte pentru a-şi desfăşura jocul probabilistic. Într-o parte a ecuaţiei introducem masa particulei cuantice şi forţele externe care acţionează asupra ei; în cealaltă parte, maşina ne dă răspunsul, probabilităţile pentru ceea ce se poate întâmpla cu traiectoriile pe care particula le va urma în timp.

Ce se întâmplă dacă îndreptăm această maşină cuantică spre problema aparent de nerezolvat a exploziei de la începutul universului? Ce se întâmplă

---

[11] Pentru Heisenberg, spaţiul abstract în care operează particulele cuantice, spaţiul Hilbert, şi ecuaţia lui Schrödinger, care a influenţat evoluţia lumii cuantice, erau reprezentări ale nivelurilor duble abstracte ale existenţei din filosofia lui Platon, pe de o parte lumea fizică a spaţiului şi timpului, în care particulele şi obiectele există, pe de altă parte, un nivel superior, după care a fost modelată lumea, „demiurgul": „Fizica modernă a decis categoric în favoarea lui Platon. De fapt, cele mai mici unităţi ale materiei nu sunt obiecte fizice în sensul obişnuit; ele sunt forme, idei, care pot fi exprimate neambiguu doar în limbaj matematic". Vezi Werner Heisenberg, *Das Naturgesetz und die Struktur der Materie* (Germania: Stuttgart Belser, 1967), 68 *(n. a.)*.

dacă particula pe care o introducem în maşină este inflatonul, particula cosmică ce a determinat inflaţia universului în faza sa embrionară? Ce informaţii ne poate furniza fizica cuantică despre acest moment misterios? Cum ne poate ajuta să înţelegem teoria elegantă, dar incompletă, a inflaţiei cosmice?

Când introducem inflatonul lui Guth şi Linde şi energia sa potenţială ipotetică în maşina ecuaţiei lui Schrödinger, aceasta ne dă răspunsul unui univers inflaţionist. Asemenea bilelor de sticlă care se rostogolesc pe munte, în josul energiei potenţiale a câmpului gravitaţional terestru, inflatonul lui Guth şi Linde s-a rostogolit într-o groapă de energie potenţială care era atât de puţin adâncă, încât inflatonul s-a rostogolit extrem de lent – atât de lent, încât energia sa nu părea să se modifice în timp.

Inflaţia cosmică este mai degrabă o paradigmă, decât o teorie, deoarece există multe modele, postulate de mulţi oameni de ştiinţă, pentru ce ar putea să fie ipotetica energie potenţială primordială. În pofida varietăţii energiilor inflaţioniste postulate, toate modelele din paradigma inflaţiei cosmice ajung la acelaşi rezultat: inflatonul îşi varsă focul în Big Bang, „umflând" universul embrionar şi accelerând creşterea universului în mod uniform în toate direcţiile. Ceva mai târziu, aceeaşi particulă cuantică umple universul

cu toată materia, lumina şi energia pentru a-l face locul minunat pe care astăzi îl numim universul nostru.

Dar cum ajungem de la originea particulei cuantice la o vastă colecţie de materie, stele, galaxii şi planete – un univers atât de întins, încât nu am putea să-l străbatem de la un capăt la celălalt chiar dacă am avea la dispoziţie mai multe vieţi? Aici, teoria inflaţiei cosmice pare să capituleze – ceea ce m-a intrigat şi m-a făcut să mă întreb ce cale ar fi ales Boltzmann, Planck şi Penrose.

4
Reglaj fin

Fizicienii sunt cei mai fericiţi când identifică noi probleme, mai degrabă decât noi soluţii. (Uneori şi când li se spune că sunt mai deştepţi decât colegii lor.) Noi probleme înseamnă potenţiale noi descoperiri şi o lipsă a plictiselii ulterioare. Şi atât de frumoasă este lumea cuantică, încât nu încetează niciodată să ofere noi percepţii asupra vechilor probleme, inclusiv bogata poveste a inflaţiei cosmice.

După ce mi-am luat doctoratul la Universitatea din Wisconsin-Milwaukee în 2000, am decis să-mi dedic cea mai mare parte a timpului cosmologiei. Instinctiv, ştiam că acest domeniu urma să intre într-o epocă de

aur. Tehnologia ne permitea să explorăm mai departe şi mai adânc în spaţiul cosmic şi în spaţiul microscopic deopotrivă, iar modelul standard al cosmologiei – modelul teoretic dominant care descrie evoluţia universului – era mai plin de mistere ca oricând, mistere pe care o nouă generaţie de cercetători avea prilejul să le dezlege.

Şi, pe când îmi începeam cariera ştiinţifică nou-aleasă, un anumit mister mi-a captat interesul.

În modelul standard al cosmologiei, o fracţiune de secundă minusculă după încheierea Big Bangului, universul este de aproximativ mărimea unei afine; a ieşit din etapa inflaţionistă iniţială. Este un obiect clasic (cu toate că materia din interior este totuşi cuantică) şi, deşi creşterea sa nu mai accelerează, el continuă să se extindă. Dar, dacă nimic nu poate depăşi viteza luminii, cum reuşesc lungimile de undă ale acestor particule să se conecteze şi să comunice între ele pe distanţele din ce în ce mai mari din universul în expansiune?

În acest caz, dualitatea undă-particulă a mecanicii cuantice ar putea oferi o explicaţie. Când peticul primordial de spaţiu este umflat ca un balon, în aceeaşi manieră în toate direcţiile pentru a acoperi întregul univers embrionar, tot ce se află în interior este întins

odată cu el.

Trebuie înţeles clar că, deşi se presupune ca particulele se întind la aceeaşi scară cu universul, asta nu înseamnă că un electron devine dintr-odată la fel de mare ca întregul univers. Mai degrabă, ceea ce se schimbă sunt lungimile de undă ale particulelor. Aceste particule sunt în continuare subatomice, guvernate de teoria cuantică, păstrându-şi astfel dualitatea undă-particulă. Prin urmare, pe măsură ce universul îşi măreşte volumul, lungimile de undă ale acestor fotoni şi particule se întind, nu particulele însele.

Acest fenomen explică altceva: răcirea universului embrionar. Pe măsură ce lungimile de undă ale acestor unde-particule cresc, energiile lor scad într-o relaţie identică, fapt ce cauzează răcirea uniformă a întregului univers, odată cu expansiunea sa.

Temperatura universului continuă să scadă după încheierea inflaţiei, dat fiind că universul continuă să se extindă. Dar, când inflaţia se sfârşeşte, energia inflatonului trebuie să ajungă undeva – şi ajunge. Particula inflaton se dezintegrează în alte particule de materie şi lumină şi îşi transferă acestora întreaga energie, un proces denumit reîncălzire. (în realitate, universul nu se reîncălzeşte efectiv; mai degrabă, este umplut cu radiaţie, exact aşa cum a prezis George

Gamow în modelul Big Bangului fierbinte. Cuvântul *reîncălzire* este un termen impropriu, derivat din explicaţia pentru proprietăţi similare ale universului nostru după inflaţie şi Big Bangul fierbinte al lui Gamow.)

Această răcire continuă odată cu expansiunea universului creează condiţiile ca particulele elementare – protoni, neutroni şi electroni – să devină stabile. Ele apar prima dată la o zecime de milionime de secundă după Big Bang. Un pic mai târziu, aceste particule se combină în primii atomi de hidrogen (vezi Figura 7), iar universul este acoperit de un nor de hidrogen.

La trei minute după ce universul îşi începe viaţa, are loc un fenomen cunoscut ca nucleosinteza Big Bang (BBN). Acest fenomen produce heliu şi alte elemente mai grele decât hidrogenul care populează universul şi durează circa patru minute. În această etapă, deşi universul a început să se răcească (practic, a început să se răcească aproape de îndată ce a început să se umfle), rămâne totuşi atât de fierbinte, încât fotonii – adică, lumina – şi particulele de materie ca protonii, neutronii şi electronii sunt fierţi şi zdrobiţi laolaltă într-o stare de plasmă, făcând universul opac.

Abia după circa 380.000 de ani temperatura universului scade suficient pentru ca fotonii să se elibereze complet de celelalte particule din plasmă; de

atunci, ei rămân vizibili pentru a fi observaţi ca o baie de radiaţie pe fundalul cerului. Când aceste particule de lumină se separă de materie, universul devine transparent. Această baie de radiaţie de fundal, care continuă să se răspândească în colţurile îndepărtate ale universului până în zilele noastre, este numită radiaţie cosmică de fond din domeniul microundelor, sau CMB[12]. (Voi reveni mai târziu la CMB, pentru că devine foarte important pe măsură ce căutările mele avansează.)

La câteva miliarde de ani după ce inflaţia cosmică se încheie, încep să se formeze structurile (stele, galaxii şi roiuri de galaxii), ca urmare a condensării gravitaţionale a rămăşiţelor norului de hidrogen. Toate regiunile cerului care au concentraţii ridicate de materie suferă un colaps gravitaţional sub acţiunea propriei lor greutăţi şi încep să creeze primele stele. Etapa următoare constă în producerea elementelor grele. Metalele sunt produse prin fuziune – ciocnirea şi contopirea elementelor uşoare la presiuni extreme pentru crearea elementelor mai grele – în interiorul nucleelor stelare.

După ce stelele se formează, universul trece printr-o perioadă lungă şi probabil mai puţin interesantă, în

[12] Acronim pentru termenul englezesc: *Cosmic Microwave Background (n. trad.).*

care nu se întâmplă nimic important; expansiunea universului continuă şi temperatura sa continuă să scadă. (Istoria reconstituită a universului nostru în expansiune în spaţiu şi timp, de la primul moment până în prezent, este prezentată în Figura 7.)

Dar, dacă universul nostru a început numai de la energia inflaţiei cosmice, cum a ajuns să se afle aici tot ce există în interiorul lui, de la fotoni la particulele de materie care alcătuiesc stelele şi galaxiile?

Inflaţia cosmică are un răspuns şi pentru această întrebare, şi încă unul foarte bun. În vreme ce ecuaţiile lui Einstein demonstrează convingător că creşterea generală a universului provine de la materia şi energia din interiorul lui, teoria cuantică ne arată care a fost sursa acestei materii şi energii din univers când inflaţia cosmică s-a încheiat. Originea acestor structuri reiese din principiul de incertitudine al lui Heisenberg. În mecanica cuantică, fluctuaţiile de energie, inclusiv energia inflaţiei cosmice, sunt mereu prezente. Putem să considerăm fluctuaţiile cosmice ca abateri mici impredictibile, care oscilează pe traiectoriile particulelor cuantice şi ca variaţii care îşi „licăresc" energiile. Ele sunt reprezentate matematic de principiul de incertitudine al lui Heisenberg, prin urmare, întrucât fluctuaţiile cuantice ale energiei iniţiale a inflaţiei sunt inevitabile, atunci când universul

încetează să se umfle, se găseşte umplut cu undele fluctuaţiilor cuantice ale energiei inflatonului. Întregul spectru al fluctuaţiilor primordiale din energia inflatonului, unele cu masă, altele fără masă, este cunoscut sub denumirea de perturbaţii de densitate. Undele mai scurte din acest spectru, cele care încap în interiorul universului, devin fotoni sau particule în funcţie de masa lor, pe măsură ce universul se răceşte.[13]

După ce inflaţia se sfârşeşte, supa primordială de fotoni şi particule este împrăştiată uniform în tot universul ca o distribuţie de bule (multă masă) şi viduri (puţină masă). Regiunile ultradense cu bule de masă intră în colaps sub acţiunea propriei lor greutăţi şi creează stele şi galaxii. Cerul pe care îl vedem noaptea este rezultatul acestor fluctuaţii primordiale; ele apar ca lumină şi stele. Originea materiei şi a luminii din univers are, prin urmare, o natură pur cuantică.

Mai mult, ecuaţiile lui Einstein conectează energia acestor fluctuaţii cu spaţiu-timpul în care acestea există (să ne amintim că energia îi spune spaţiului cum să se curbeze). În mod specific, energia conţinută în fluctuaţiile inflatonului declanşează trepidaţii

---

[13] Pornind de la principiul dualităţii undă-particulă, putem considera că undele de fluctuaţii sunt particule. În imaginea duală, particulele fără masă devin fotoni, iar cele masive devin particule de materie normală, care alcătuiesc stelele, galaxiile şi pe noi *(n. a.)*.

minuscule în însăşi textura spaţio-temporală. Iar micile trepidaţii din ţesătura universului induc, la rândul lor, oscilaţii sau vibraţii slabe în câmpul gravitaţional din interiorul universului. Aceste oscilaţii sunt cunoscute ca unde gravitaţionale primordiale.

Putem crea modele ale unor universuri eşuate. Diferite modele inflaţioniste produc diferite cantităţi de materie şi lumină, rezultând în diferite perturbaţii ale densităţii. Aceste perturbaţii, care stabilesc conţinutul de materie-energie al universului, determină ce se întâmplă cu creşterea acestuia. Dacă se produce o cantitate mare de materie, universul nu va rezista suficient pentru ca oamenii să apară; se va prăbuşi în el însuşi şi va suferi un colaps asemenea unei găuri negre când încă este tânăr. Dacă aceste fluctuaţii sunt prea puţine, universul nu va avea suficientă materie de agregat. Regiunile ultradense vor fi prea puţine şi prea depărtate unele de altele – cu consecinţa că universul va fi lipsit de viaţă şi structură. Va continua să se extindă, dar comparativ va fi pustiu.

În mintea mea, pentru a afla răspunsul la această enigmă – şansele extrem de mici ca universul nostru să înceapă cu tipul corect de energie potenţială a inflatonului şi un petic omogen de spaţiu – trebuia găsit care era originea acestei energii inflaţioniste şi ce se afla acolo înainte.

Intensitatea fluctuaţiilor inflatonului care creează perturbaţiile de densitate în cantitatea dorită şi, în ultimă instanţă, toată materia şi radiaţia pe care le observăm în univers sunt determinate direct de detaliile legate de energia modelului inflaţionist. Problema este că există o familie numeroasă de modele sub umbrela paradigmei inflaţiei cosmice. Alegerea energiei potenţiale potrivite, având caracteristicile dorite ce reproduc structurile pe care le observăm în univers, este o construcţie teoretică ce se face cu mâna, un model selectat dintr-o miriadă de energii potenţiale ale inflatonului. Fizicienii sperau ca într-o zi, în locul unui design ad-hoc, să poată motiva şi deriva acest model unic al inflaţiei cosmice pe baza legilor fundamentale ale fizicii. Această provocare m-a intrigat.

În timp ce examinam un grup de modele populare ale inflaţiei cosmice, am putut să înţeleg ce-i nemulţumea cel mai mult pe oponenţii teoriei. Dacă modelul inflaţionist trebuia construit meticulos pentru a da răspunsul corect – adică, cantitatea corectă a perturbaţiilor pentru a explica cum a ajuns universul nostru să existe în forma excepţional de echilibrată în care se află –, atunci nu este inflaţia cosmică o modalitate nenaturală de a iniţia un univers? La nivel observaţional, universul nostru pare să posede

cantitatea perfectă de perturbaţii ale densităţii (cam o parte la o sută de mii) pentru a rămâne plat şi pentru a rezista suficient de mult timp ca stelele să se formeze şi să creeze elementele mai grele şi – în cele din urmă – viaţa umană. Oponenţii inflaţiei cosmice erau pe bună dreptate preocupaţi de faptul că energia potenţială ipotetică şi peticul iniţial minuscul din care universul nostru s-a umflat păreau atent concepute, sau reglate fin, pentru a produce exact această cantitate de perturbaţii.

Acest aranjament special părea a fi esenţa problemei originii. Dacă universul inflaţionist se află într-o stare special ordonată la momentul iniţial al existenţei sale, atunci entropia lui trebuie să fie apropiată de zero, ceea ce înseamnă că are o şansă infinitezimal de mică pentru a se întâmpla. Cu alte cuvinte, pentru ca inflaţia cosmică să se declanşeze şi să determine naşterea universului este într-adevăr nevoie de condiţii iniţiale foarte speciale. Pentru a le avea pe toate acestea – un univers plat cu cantitatea corespunzătoare de structură împrăştiată uniform şi omogen în cerurile noastre – la preţul unei particule inflaton, universul embrionar trebuie să se fi aflat într-o stare cu totul neobişnuită de ordine excepţională.

Iată dilema cu care se confruntă fizicienii. Inflaţia cosmică oferă întreaga poveste a originii cosmice

într-un pachet irezistibil. Dar face asta cu costul unei supoziţii: un început fin reglat al universului la energii ridicate pe un petic minuscul şi excepţional de omogen de spaţiu. Iar aceasta este o supoziţie uriaşă, pentru că toate celelalte lucruri pe care le ştim despre funcţionarea universului ne spun că şansele ca universul nostru să fi început aşa cum a făcut-o, într-o stare iniţială personalizată de ordine excepţională şi cu o entropie apropiată de zero sunt periculos de mici!

Penrose a făcut senzaţie în anii 1970 scoţând în evidenţă acest adevăr jenant şi asta a condus la nişte implicaţii şi mai jenante. Întrucât iniţierea unui univers cu această stare este mai improbabilă decât orice altă posibilitate, atunci chiar şi ceea ce ar putea fi considerat ca fiind scandalos de imposibil va avea o şansă mai mare de existenţă decât are universul nostru.

Să considerăm acest exemplu tulburător ca o afirmaţie dramatică a improbabilităţii existenţei noastre. Formarea spontană a unui creier într-un spaţiu vid are o şansă mult mai mare (din punct de vedere statistic) de a se produce decât crearea universului nostru prin inflaţie cosmică! Şi nu glumesc. Această descriere convingătoare a improbabilităţii a devenit cunoscută ca paradoxul creierului lui Boltzmann, în onoarea moştenirii celui a cărui minte a produs ecuaţia entropiei şi legătura ei cu probabilităţile. Modelul

standard al cosmologiei pare într-adevăr să conducă la concluzia că creierii plutitori şi toate celelalte tipuri de evenimente science-fiction pe care nu le-ai fi crezut niciodată posibile trebuie nu doar să existe, ci şi să ne depăşească numeric şi să ne copleşească. Oricât de absurd sună această idee a creierilor plutitori, nu o să poţi obţine de la vreun fizician un răspuns direct la întrebarea de ce aceşti creieri nu sunt acolo. E drept, exemplul este excentric şi ridicol, dar ne oferă un indicator spectaculos al improbabilităţii extreme a inflaţiei cosmice.

Pentru unii oameni de ştiinţă, acestea au fost motive suficient de întemeiate ca să renunţe la inflaţia cosmică şi s-o înlocuiască cu un model cosmologic nou. Deşi eram deschisă la persuasiune, totuşi eu încă credeam că inflaţia cosmică era corectă, dar incompletă.

Mai mult, în anii pe care i-am petrecut examinând fiecare pagină a evoluţiei noastre cosmice, am devenit convinsă că renunţarea la inflaţia cosmică nu era o soluţie înţeleaptă la problema originii. Inflaţia cosmică se comportase spectaculos de bine pe fondul tuturor observaţiilor care s-au făcut până în prezent asupra universului.

Între timp, presiunea exercitată de nou-descoperitele fisuri şi paradoxuri din felul în care înţelegeam noi universul creştea. Pe lângă misterul originii sale,

universul se pregătea să ne pună în faţa unei alte situaţii dificile. În 1998, în timp ce eu eram încă studentă post-universitară la UWM, distinşii astrofizicieni Saul Perimutter, Adam Riess şi Brian Schmidt au făcut un anunţ surprinzător: universul se extindea – din nou!

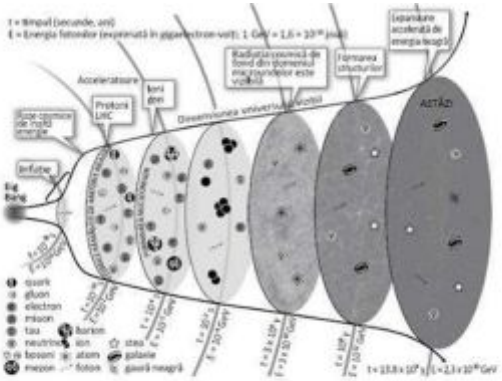

Figura 7. Această diagramă prezintă în întregime modelul standard al cosmologiei. Pe axa orizontală, timpul se scurge de la primul moment al inflaţiei provocate de Big Bang până în prezent. Pe verticală este reprezentat spaţiul. De observat că universul creşte cu timpul şi este plat în spaţiu, după cum se poate vedea din reprezentările secţiunilor transversale ale universului în fiecare moment din timp.

Particle Data Group de la Lawrence Berkeley National Lab

Energia care face ca universul să-şi mărească din nou volumul are o denumire misterioasă şi rău prevestitoare: energie întunecată. Chiar şi pentru cele mai luminate minţi din ştiinţă, energia întunecată constituie o adevărată enigmă. A devenit un subiect particular de fascinaţie pentru mine pe la finalul studiilor universitare. Mai mult, se poate spune că interesul meu profund faţă de începuturile universului s-a cimentat prin contemplarea modului în care se va

sfârşi. În timpul bursei mele postdoctorale la Scuola Normale Superiore di Pisa, în Italia, m-am concentrat doar pe acest subiect. Scuola Normale Superiore este una dintre cele mai inspiratoare instituţii la care am lucrat. Bogata ei istorie a oferit decorul perfect pentru a contempla destinul universului. Galileo Galilei şi, mai recent, marele expert în fizică nucleară Enrico Fermi au păşit în holurile sacre ale universităţii. Fostul birou al lui Fermi se afla la doar două uşi de al meu; de la fereastra mea, puteam să văd Turnul înclinat din Pisa.

Energia întunecată se comportă asemenea eterului; energia sa difuzează în mod misterios dintr-un vacuum şi totuşi pătrunde în toate colţurile universului şi străbate însăşi textura spaţiu-timpului. În mod similar cu energia care a declanşat inflaţia cosmică, energia întunecată are două proprietăţi neobişnuite: cantitatea pe unitate de volum, respectiv, densitatea ei energetică, este (aproape) o constantă, iar presiunea ei este negativă. Aceste două componente, densitatea energetică şi presiunea, vor determina ce se va întâmpla cu universul nostru în viitor. Deşi cantitatea totală de energie întunecată conţinută în univers controlează viteza expansiunii universului, presiunea sa controlează acceleraţia acestei expansiuni – cu alte cuvinte, rata cu care expansiunea universului creşte sau descreşte.

Cantitatea totală de energie întunecată creşte în relaţie directă cu expansiunea universului, deci, pe măsură ce universul creşte în volum şi toate celelalte surse de energie se diluează şi în cele din urmă se epuizează, energia întunecată va fi singura energie rămasă. Astfel, energia întunecată devine arbitrul suprem al destinului universului. Densitatea energiei întunecate este minusculă – aproximativ o miime dintr-un electron-volt. Dar nu trebuie să ne lăsăm păcăliţi de această valoare minusculă: energia întunecată domină energia universului nostru actual.

Materia vizibilă, sau ceea ce fizicienii numesc materie barionică sau barioni, este materialul din care suntem alcătuiţi; ea include toţi protonii şi neutronii, toţi atomii din corpurile noastre şi din orice lucru viu, stelele şi planetele, galaxiile şi roiurile de galaxii şi praful cosmic. Pe scurt, este tot materialul pe care *îl vedem* în lumea din jurul nostru – şi reprezintă mai puţin de 5% din densitatea energetică totală a universului. Materia întunecată – un tip de materie care este non-luminoasă şi prin urmare este invizibilă pentru ochi – alcătuieşte circa 20% din energia universului. Restul, energia întunecată, reprezintă un uluitor 75%.

În mod ciudat, universul nostru a avut cantitatea perfectă de energie întunecată la început – doar o cantitate minusculă – care a permis cosmosului să

dăinuie suficient de mult pentru ca toate structurile şi viaţa să apară. Întrebarea enigmatică, cea la care nimeni nu are un răspuns, este: De ce acest număr nu este egal cu zero sau, alternativ, acelaşi cu energia din momentul Big Bangului.

Descoperirea energiei întunecate a scos la iveală două alte mistere descurajatoare. Primul, dacă universul nostru ar fi conţinut chiar şi un pic mai mult din această energie insondabilă, ar fi crescut prea repede şi prea devreme, înainte ca materia să se agrege şi să formeze stelele. Universul s-ar fi destrămat şi ar fi rămas lipsit de trăsături caracteristice în urma expansiunii accelerate încă de-acum câteva miliarde de ani. Cum de-am fost atât de norocoşi?

Al doilea, la fel ca misterioasa sursă de energie care a declanşat inflaţia cosmică la începutul timpului, originea energiei întunecate este necunoscută. Pe când mă aflam în Pisa, împreună cu colegul şi prietenul meu de origine spaniolă Mar Bastero-Gil am propus o sursă probabilă pentru energia întunecată, argumentând că era depozitată într-un anumit mod în fluctuaţiile cuantice ale ceea ce ar putea fi spaţiu-timp gol sau, poate un vacuum. Dar, până în prezent, al doilea mister a rezistat şi el.

Fără a avea răspunsuri la aceste întrebări legate de energia neagră, nu putem rezolva definitiv întrebarea

mai importantă privind felul în care se va comporta universul în viitor. Abundă în incertitudinile lui Heisenberg – ceea ce nu schimbă datele problemei, deoarece variantele nu sunt încurajatoare.

Ce ar putea să ne aducă un viitor guvernat de energia întunecată. Conform lucrurilor pe care le ştim despre ea, energia întunecată promite multiple sfârşituri catastrofale ale universului, mai şocante decât cele imaginate chiar şi de către cei mai inventivi scriitori de science-fiction. Curând (şi nu vă faceţi griji – prin *curând* fizicienii înţeleg intervale de timp la scară cosmologică, măsurate în miliarde de ani), când energia întunecată va rămâne practic singura energie rămasă în univers, galaxiile s-ar putea dezintegra atât de repede, încât vor pierde contactul unele cu celelalte. Fiecare galaxie locală, inclusiv Calea Lactee, galaxia noastră, va deveni propriul ei univers, deconectat de celelalte regiuni şi separat prin distanţe care pot fi parcurse doar la viteze superluminice.

Potrivit presupunerilor făcute de cosmologi, moartea finală a universului ar putea avea loc în unul dintre cel puţin trei moduri. Dacă universul nostru rămâne pentru totdeauna în expansiune accelerată, distanţa dintre stele şi dintre galaxii va fi atât de mare, încât cerul nostru va apărea pustiu şi temperatura universului va cădea până aproape de zero absolut.

Viaţa nu va putea să apară sau să fie susţinută; lumina stelelor nu va ajunge la noi; cerul va fi rece, pustiu şi întunecat. Toate speciile se vor sufoca; toate ceasurile vor îngheţa. Ultima bătaie a ceasului nostru cosmic, chiar înainte de sfârşitul timpului, va deveni ultima bătaie de inimă a universului.

O a doua posibilitate este ca energia întunecată să nu fie de fapt energie a vidului ci o particulă de tipul inflatonului, care se mişcă temporar atât de lent, încât simulează energia de vid pură. Dar în viitor această particulă ar putea decide să-şi modifice viteza şi energia. Dacă accelerează, ar putea în ultimă instanţă să inverseze expansiunea universului şi să-i determine contracţia, făcându-l să se încălzească tot mai mult şi apoi să colapseze într-o deflagraţie incendiară.

În sfârşit, energia întunecată ar putea deveni ceea ce a fost descris ca energie fantomă, energie care devine dezlănţuită şi incontrolabilă. În acest scenariu, galaxiile, stelele, atomii şi, în ultimă instanţă, însăşi textura universului sunt dezintegrate. Mai rău, procesul este accelerat şi universul va fi fărâmiţat într-un timp relativ scurt, probabil de doar 10 la puterea 30 de miliarde de ani.

Desigur, soarta universului rămâne să fie scrisă. Dar ce ştim este că sfârşitul nostru este interconectat inseparabil cu începuturile noastre, pentru că energiile

inflaţioniste şi energiile întunecate laolaltă au fost cele care au determinat expansiunea accelerată a universului nostru. Ambele au controlat şi vor controla creşterea universului din primul său moment până la ultimul. Şi, de la început, a trebuit ca ambele să fie calibrate perfect pentru a asigura supravieţuirea universului nostru. Altfel, materia se poate să nu se fi agregat, stelele nu s-ar fi format, noi n-am fi fost aici şi însăşi structura universului nostru s-ar fi destrămat cu miliarde de ani în urmă.

Revelaţia faptului că atât originea, cât şi destinul universului se bazează pe aceeaşi enigmă fundamentală, că acelaşi tip de energie care a declanşat primul episod al inflaţiei şi a creat universul va produce şi episodul final al inflaţiei când universul se va sfârşi, le-a reînnoit oamenilor de ştiinţă interesul faţă de originile noastre. Adăugarea energiei întunecate la această combinaţie de probleme asociată cu inflaţia cosmică a creat de asemenea o provocare pentru povestea originii universului, care era prea importantă pentru ca fizicienii s-o ignore.

La începutul anilor 2000, când oamenii de ştiinţă se confruntau cu aceste două mistere fundamentale – crearea şi destinul final al universului –, cosmologia a intrat într-o epocă de aur: o eră a marilor probleme în căutare de soluţii. Şi, pentru că aşa a decis soarta, tot

atunci mi-am început şi eu cariera de om de ştiinţă cu normă întreagă. Asemenea colegilor mei, abia aşteptam să-mi încep lucrul.

Fizicienii se pricep foarte bine să se joace de-a Dumnezeu utilizând aşa-numitele experimente mintale. Nu putem reproduce explozia inflaţionistă a Big Bangului pentru a crea universuri în laborator, aşa cum nu putem călători înapoi în timp ca să explorăm ce a fost acolo înainte de Big Bang. Cu toate acestea, mintea noastră poate juca rolul de laborator cosmic; putem folosi limitările rigide ale matematicii, legile naturii şi observaţiile noastre astrofizice pentru a imagina, analiza şi sorta toate scenariile posibile sub forma experimentelor mintale. Prin urmare, aşa cum este normal pentru un fizician teoretician ale cărui instrumente principale sunt pixul şi hârtia, am început să concep o varietate de noi experimente mintale şi să le analizez pe cele existente.

În primul meu experiment mintal legat de crearea universului, m-am bazat pe teorema lui Penrose care spune că entropia universului este foarte mare în prezent, dar în primul său moment era aproape zero. Mi-am imaginat începând cu un univers mare plin de entropie şi cu toate structurile deja în el, asemenea universului nostru actual. N-ar fi asta mult mai

probabil să se întâmple decât să începi de la un univers minuscul care a explodat şi a trecut prin toate problemele ridicate de crearea efectivă a structurilor stelelor şi galaxiilor (şi ale noastre)?

Am continuat să ajustez acest exemplu. Ce-ar fi dacă aş imagina un alt univers nespecial, unul care a început prin a fi mare dar, în loc să se extindă, s-a tot comprimat până când a ajuns la dimensiunea unui punct? În acest univers nou, aş fi inversat în mod naiv direcţia timpului (a doua lege a termodinamicii), aş fi schimbat viitorul cu trecutul şi aş fi schimbat starea de entropie ridicată a universului actual cu starea de entropie joasă din urmă cu 13,8 miliarde de ani.

Ar putea aceste trucuri să rezolve problema originii? Are un univers care începe dintr-o stare de entropie ridicată o probabilitate mai mare de a apărea decât universul real pe care îl locuim? Din păcate, nu – nu e atât de simplu! Acest univers nou care a început prin a fi mare şi plin de entropie s-a dovedit a fi la fel de improbabil să apară ca şi universul nostru, care a început prin a fi mic şi lipsit de entropie. Şi asta dintr-un motiv simplu: conform celei de-a doua legi a termodinamicii, entropia unui univers continuă să crească relativ la starea sa iniţială. Aşa cum am discutat în Capitolul 1, Boltzmann ne-a învăţat că entropia universului este o măsură a probabilităţii acestuia de

a-şi începe existenţa în mod spontan; prin urmare, dacă în momentul creaţiei universul a avut o entropie joasă faţă de prezent, atunci, în mod corespunzător, ar avea o şansă redusă de a exista.

Bine, mi-am zis, *noul model de univers nu rezolvă problema improbabilităţii originii noastre.* Dar ce putem spune despre o altă posibilitate: un univers care oscilează în cicluri eterne, de la mare la mic şi de la mic la mare? Asta ar trebui să evite a doua lege a termodinamicii, întrucât nu mai avem nicio posibilitate de a determina ce să numim începutul universului şi ce să numim sfârşitul acestuia. Când universul oscilează în mod repetat, toate ciclurile sunt identice. Un astfel de univers ar trebui să ne dea libertatea de a alege o stare iniţială de entropie ridicată şi o stare finală de entropie joasă. Putem alege ca începutul universului să fie momentul în care tocmai s-a comprimat la sfârşitul unui ciclu, momentul când tocmai a ricoşat şi a reapărut mic şi în curs de creştere în ciclul următor, sau momentul când a parcurs jumătate de ciclu.

Astfel de modele chiar există. Dar, la fel ca cel precedent, din cauza legii a doua a termodinamicii, ele se prăbuşesc în umilinţă. Entropia oricărui univers pe care îl modelăm nu poate scădea cu timpul, niciodată. Cu alte cuvinte, un univers pur şi simplu nu se poate reorganiza ca să treacă în mod spontan de la o stare

dezordonată la una ordonată. Ce am învăţat din efectuarea acestui experiment mintal a fost că nu contează cum am început sau ce fel de univers avem; tot vom conchide că originea universului este specială. Universul nostru nu a fost unic pentru faptul că a început cu o stare de joasă entropie şi, prin urmare, o probabilitate mică de existenţă. A doua lege a termodinamicii a făcut ca *orice* univers să pară special.

Deşi acest mod de gândire m-a îndepărtat şi mai mult de o soluţie, mi-am dat seama că modelele construite pe un astfel de raţionament erau prea naive. Nu există o măsură absolută a entropiei în univers; o stare de entropie este ridicată sau scăzută doar relativ la altă stare entropică. Toate aceste modele au dat greş pentru că am aplicat a doua lege a termodinamicii la un singur univers. Indiferent de universul nou cu care începem, entropia sa va creşte în relaţie cu propria sa entropie de la început.

Orice denumire i-am da primului moment din viaţa lui, universul îşi va creşte entropia din acel moment şi va continua să facă asta şi în viitor. Pe măsură ce entropia creşte, dezordinea şi cantitatea de informaţie „lipsă” creşte cu timpul (să ne amintim că, potrivit lui Boltzmann, entropia înseamnă pur şi simplu informaţia lipsă despre o microstare a sistemului conţinută în

orice mulţime dată de microstări). Asta înseamnă că nu există două cicluri în universul oscilant care să fie identice; fiecare ciclu va avea propria sa individualitate. Construirea unui univers care trece prin cicluri identice este imposibilă, pentru că la fiecare ciclu entropia sa creşte. Universul nu poate recupera într-un ciclu toată informaţia pierdută în ciclul anterior; informaţia pierdută, care ia forma creşterii de entropie, rămâne pierdută pentru totdeauna. Entropia creşte ireversibil de la trecut spre viitor. Astfel, ciclurile acestui univers nu pot fi identice sau reversibile; ele nu pot scăpa de a doua lege a termodinamicii sau de săgeata ireversibilă a timpului (direcţia timpului de la trecut la viitor).

Cu ajutorul acestor experimente mintale, am ajuns la un punct de cotitură al investigaţiei mele.

Am conchis că, în general, originea oricărui univers singur este improbabilă, indiferent de ceea ce oamenii şi-au imaginat în experimentele mintale. Independent de cum începe şi cum evoluează universul, fie că creşte, se comprimă, oscilează sau se dezintegrează în starea lui finală, întotdeauna va evolua spre dezordine; viitorul lui va fi întotdeauna mai dezordonat decât trecutul său, deoarece entropia lui trebuie să crească. Acesta fiind şi motivul pentru care a doua lege a termodinamicii care stabileşte că „entropia creşte

întotdeauna” deţine o poziţie supremă printre toate legile naturii. Aceste experimente mintale m-au ajutat să realizez că misterul existenţei noastre improbabile este o problemă generică pentru începutul oricărui univers în orice manieră. Ceea ce nu avea noimă.

Acest raţionament m-a convins că deconstruirea şi reconstruirea universului nu va arunca o lumină asupra originii sale. Oricare ar fi fost tipurile de universuri pe care le născoceam în minte, ele sufereau toate de o origine improbabilă. Constructele erau condamnate. Dar cel puţin m-au ajutat să reduc numărul posibilităţilor şi să înţeleg ce anume nu funcţiona.

Firul comun al acestor experimente mintale era că se bazau pe compararea entropiilor din cadrul unui singur univers. Asta m-a făcut să mă gândesc că ipoteza de a avea un singur univers era motivul pentru care aceste experimente mintale intrau în conflict cu a doua lege a termodinamicii şi prin urmare nu reuşeau niciodată să explice originea universului. Vina o purta supoziţia universului unic. M-am întrebat de ce erau atât de ataşaţi fizicienii de această ipoteză şi ce s-ar întâmpla dacă am renunţa la ea.

Atractivitatea universului singular pentru majoritatea fizicienilor din secolul XX este dificil de

supraestimat. Frumuseţea ştiinţei constă în simplitatea ei, o simplitate codificată în structura logică a ecuaţiilor sale. În acelaşi timp, valoarea ştiinţei constă în puterile ei predictive, în capacitatea sa de a afirma cu certitudine ce se va întâmpla cu un obiect – în acest caz, cu întregul univers. Ideea unui univers singur descris de o singură teorie unificată oferea atât simplitate, cât şi predictibilitate. Ea satisfăcea ambele deziderate ştiinţifice.

Înclinarea spre un univers singular guvernat de un singur set de legi este o idee antică, datând încă de pe vremea lui Platon. Mult mai recent, Einstein şi-a petrecut a doua parte a vieţii în căutarea unei singure teorii a tuturor lucrurilor capabile să scoată la lumină acel manual de legi care să acopere tot universul nostru, de la originea sa până la destinul său final.

În timp ce progresam lent la desluşirea problemei referitoare la originile universului, am ajuns să înţeleg că cele mai multe dintre ideile proeminente care circulau în comunitatea fizicienilor nu erau fundamental diferite de ideile anterioare pe care le regăseam tocmai în Antichitate. Iar tentativele anterioare nu reuşiseră să rezolve problema. Înainte de a săpa prea adânc, m-am gândit că era important să înţeleg punctele de vedere ale altor cercetători. În mod specific, ce i-a făcut pe aceşti oameni de ştiinţă să se tot

întoarcă la acelaşi cadru general al unui univers singular învăluit într-o teorie a tuturor lucrurilor sau, alternativ, să se îndepărteze cu totul de această problemă? Am bănuit că unul dintre motive era lunga istorie a ceea ce eu numesc şcoala de gândire a universului unic.

Deşi încă nu-mi era clar ce anume ar putea să funcţioneze, mi-am dat seama că acest mister avea nevoie de o abordare diferită. Dacă probabilitatea mică de existenţă era generală pentru toate universurile, atunci ceva elementar trebuie că lipseşte din felul cum înţelegem noi chestiunea. Despre ce ar putea fi vorba?

5
Suntem singuri?

Atmosfera tensionată din sânul comunităţii fizicienilor teoreticieni de la începutul noului mileniu mi-a amintit într-un mod straniu de disperarea şi nesiguranţa prin care a trecut familia mea când tata a fost exilat pentru a doua oară. Pe atunci, o nouă undă de şoc provocată de revoluţia culturală importată din China în anii 1970 zguduia Albania. Tata lucra în calitate de cercetător la Academia de Ştiinţe a Albaniei, iar cercetările sale au condus la optimizarea activităţilor din domeniul forestier, al energiei hidro şi

a altor probleme bazate pe probabilităţile statistice, ceea ce a fost suficient ca să atragă invidia câtorva colegi puternici. Încă o dată, duşmanii tatălui meu au putut să se răzbune speculând punctul lui cel mai slab: „biografia nesănătoasă", sau istoricul de familie.

De această dată, tatăl meu a fost trimis să lucreze la o cooperativă din Dukat, un sat de munte izolat din sudul Albaniei. Cu această ocazie anume, grija tatei pentru siguranţa noastră l-a făcut să se folosească de o minciună, cu toate că asta avea să-i provoace un mare rău. Aşa era pe atunci realitatea albaneză.

În timpul celui de-al doilea exil al tatei, dosarul „de cadre" al mamei – fiecare cetăţean albanez avea un dosar în care îi erau consemnate biografia şi comportamentul – a fost luat de la Liga Scriitorilor şi Artiştilor şi trimis în satul de munte izolat în care fusese surghiunit tatăl meu. Luni de-a rândul, cei de la biroul ei din Tirana au făcut presiuni asupra mamei ca să-şi strângă lucrurile, să-şi ia familia şi să-şi urmeze soţul în acel ţinut îndepărtat. După ce dosarul i-a fost transferat, solicitarea ca ea să i se alăture soţului a fost ridicată la statutul de ordin oficial. Îngrozit de ideea că soţia şi cei doi copii ai săi aveau să fie şi ei trimişi în exil, tata a implorat-o pe mama să-l denunţe şi să divorţeze de el, de ochii lumii. Era singurul mod în care ea putea să se distanţeze repede de „duşmanul

poporului" (tata) şi să ne poată ţine în siguranţă pe mine şi pe fratele meu în Tirana. Dar mama nici n-a vrut să audă, aşa că tata a trimis-o pe bunica din partea mamei la Tirana ca să-i bage fiicei sale minţile în cap. În cele din urmă, cei doi au convins-o şi mama a acceptat.

Într-una din scurtele vizite acasă ale tatei, părinţii mei, bunica şi cu mine ne-am dus la tribunal, după ce căzusem de acord în prealabil ca mama să mintă şi să susţină că tatăl meu o bătuse. Era modul cel mai rapid de a obţine divorţul. De cazul nostru avea să se ocupe o judecătoare. Mama a intrat în sala de judecată şi a spus: „Soţul meu mă bate. E aici, puteţi să-l întrebaţi. Vreau să divorţez".

Dar ceea ce părea o soluţie atât de simplă s-a destrămat în momentul în care mama a pronunţat acele cuvinte. A reieşit că judecătoarea era o prietenă din copilăriei a tatei şi că îl adorase. Acum s-a înfuriat. Privind în jos la mama mea, de la înălţimea scaunului ei, a tunat şi-a fulgerat zicând că-i cunoaşte caracterul tatălui meu, care n-ar fi făcut rău niciodată nimănui. „Ce fel de femeie eşti? Omul ăsta n-ar face rău nici măcar unei muşte!" a strigat judecătoarea. „Astea-s minciuni sfruntate. Cum îndrăzneşti? Îţi dai seama cât de mult rău poţi să-i faci cu minciunile tale, de parcă n-ar avea şi-aşa destule necazuri? Ieşi şi să nu te mai văd!"

Mama, care din capul locului nu fusese de acord cu acest plan, a părăsit tribunalul în lacrimi şi a trebuit să fugim ca s-o prindem din urmă. Schema cu divorţul a dat greş; adevărul privind micul univers al părinţilor mei a învins. Tata s-a întors la Tirana după câteva luni şi familia noastră a rămas unită.

Astfel de amintiri îmi treceau prin minte ani mai târziu, când am început să suspectez că pentru rezolvarea problemei legate de cum a fost creat universul nostru era nevoie de un mod de gândire complet diferit. Cum ar fi dacă lucrul pe care îl vedeam drept o problemă – povestea improbabilă a creaţiei universului – nu era, de fapt, adevărata problemă? Am bănuit că o parte a soluţiei era ascunsă în paradoxul pe care îl găsisem în multele mele experimente mintale: oricâte de multe tipuri diferite de universuri îmi puteam imagina, problema unei origini excepţional de speciale şi extrem de improbabile era aceeaşi pentru fiecare dintre ele. Oare toate aceste modele de universuri, oricât ar fi fost de diferite, împărtăşeau aceeaşi deficienţă logică?

Foarte curând, am avut o idee. Dar, pentru a o urmări, trebuia să mă detaşez de imaginea ortodoxă a comunităţii ştiinţifice, cea a unui univers unic descris de o teorie unificată. Iar în lumea fizicii din secolul XXI, aceasta echivala, nici mai mult, nici mai puţin, cu o

erezie.

Am început să fac cercetări „cu normă întreagă" privind originea universului în 2004, când am ajuns la Universitatea din Carolina de Nord, la Chapel Hill. Nu aveam niciun fel de idee preconcepută legată de cum ar trebui să arate teoria ultimă a universului, fapt ce a fost în avantajul meu. De asemenea, nu aveam nicio idee preconcepută privind locul unde va ajunge investigaţia mea având ca obiect originea universului.

Lucrul pe care l-am înţeles în acel moment a fost că toate modelele şi toate calculele, fie că erau promiţătoare sau eşecuri, începeau de la aceeaşi supoziţie fundamentală: *că există doar un singur univers.*

Probabil, mi-am zis, refuzând să permită existenţa a orice altceva în afară de universul nostru unic, fizicienii îl făcuseră deja „special". M-am gândit că poate încă de la început pusesem întrebarea greşită. În definitiv, cum putem să ne întrebăm de ce am început cu *acest* univers, când tot ce ne-am îngăduit să considerăm a fost un *singur* univers?

Treptat, m-am convins pe mine însămi că întrebarea „De ce am început cu acest univers?" putea să aibă sens doar dacă am fi avut o gamă de începuturi posibile din care să alegem – o gamă de universuri embrionare diferite, oricare dintre acestea putând să se transforme

în universul pe care îl locuim astăzi. Altfel, răspunsul ar fi fost evident: Avem acest univers pentru că e singurul care există. Şi cu asta basta.

M-am aşteptat de la început că ideea de a începe cu mai multe universuri embrionare urma să fie o premisă nepopulară, dacă nu chiar bizară. Conceptul filosofic al universului unic a dominat încă din Antichitate aproape toate eforturile de a înţelege universul. În epoca modernă, această convingere s-a cristalizat într-un efort ştiinţific global de unificare a teoriei cuantice (care guvernează universul microscopic, nevăzut) cu teoria gravitaţiei spaţiu-timpului curbat (care guvernează universul vizibil) formulată de Einstein pentru a obţine o teorie a tuturor lucrurilor – un model ştiinţific capabil să explice întreaga funcţionare a universului nostru. Într-adevăr, este posibil să trasezi o linie aproape neîntreruptă de la Platon şi Aristotel direct la Einstein şi Stephen Hawking în susţinerea unei teorii a tuturor lucrurilor pentru un univers unic. Să te pronunţi împotriva acestei viziuni însemna să te pronunţi împotriva unor adevăraţi titani ai gândirii filosofice şi ştiinţifice.

N-am fost prima care s-a confruntat cu această problemă. Părinţii fondatori ai mecanicii cuantice au primit acelaşi răspuns ca şi mine, o familie de universuri în locul unuia singur, când au rezolvat

ecuaţia lui Schrödinger. Cu toate acestea, unii s-au străduit din răsputeri să forţeze noua teorie cuantică să producă răspunsul cu un singur univers determinist. Şi au făcut asta în unele moduri pline de creativitate.

Să ne amintim, de exemplu, că soluţiile ecuaţiei lui Schrödinger au arătat că o particulă cuantică poate urma traiectorii multiple şi nu vom şti dinainte ce traiectorie va alege particula; fiecare are propria sa probabilitate de a se întâmpla. Dacă particula cuantică s-a întâmplat să fie un univers embrionar, atunci o familie de soluţii implica posibilitatea unei familii de universuri embrionare, fiecare având propria sa probabilitate de a exista, deoarece, pe baza dualităţii undă-particulă, fiecare soluţie a ecuaţiei de undă poate fi gândită ca propriul său univers embrionar. Întrucât fiecare soluţie a ecuaţiei de undă corespunde unui univers embrionar cu propria sa probabilitate, de acum înainte în această carte mă voi referi la ele ca fiind soluţii de universuri-undă. Mulţimea tuturor acestor universuri-undă derivate prin rezolvarea ecuaţiei de tip Schrödinger pentru univers este cunoscută ca funcţia de undă a universului, iar fiecare univers-undă individual este o ramură din funcţia de undă a universului.

În acest caz, pentru fondatorii teoriei cuantice întrebarea a devenit asta: care dintre aceste soluţii de

universuri-undă era cea reală? Simpla ignorare şi eliminare a tuturor soluţiilor în afară de cea care le plăcea şi prezentarea ei ca fiind cea corectă a părut scandalos de arbitrar. Totuşi, nimeni nu ştia ce însemna să le păstrezi pe toate sau cum să o identifici pe aceea care avea să devină universul „real" pentru că, după cum a devenit curând clar, ecuaţia lui Schrödinger şi principiul de incertitudine al lui Heisenberg nu ofereau un criteriu de selecţie care să izoleze universul embrionar „valid" din multitudinea soluţiilor lor.

Niels Bohr era ferm convins că, într-un fel sau altul, un *singur* univers mare trebuia identificat din familia de universuri embrionare cuantice produse de ecuaţia lui Schrödinger. În caz contrar, toată predictibilitatea fizicii părea pe punctul de a se pierde. Dar cum să identifici câştigătorul acestei loterii cosmice? Bohr a propus introducerea unui judecător independent ipotetic, cineva care ar putea observa funcţia de undă a universului şi să decidă în favoarea *unei singure* unde de probabilitate din acea multitudine. Bohr a argumentat că, în momentul în care judecătorul observă ce curs a luat o particulă cuantică, putem şti cu certitudine de 100% că această particulă este cea reală în familia de soluţii de undă, pentru că tocmai am observat că există. După aceea, putem elimina restul răspunsurilor posibile.

Soluţia lui Bohr a devenit cunoscută drept colapsul funcţiei de undă, pentru că toate ramurile, cu excepţia uneia, din familia care alcătuieşte funcţia de undă a universului au dispărut. În acest mod, întreaga funcţie de undă a fost redusă; multitudinea de variante a „colapsat" într-una singură, şi anume ramura supravieţuitoare. Pentru mulţi, a părut plauzibilă. Într-adevăr, colapsul funcţiei de undă propus de Bohr a dominat timp de decenii fizica teoretică. Încă mai are câţiva fani şi astăzi, în comunitatea fizicienilor. Eu însă nu mă număr printre ei, din motive pe care le voi explica.

La rândul său, Heisenberg a fost de acord cu cea mai mare parte a propunerii lui Bohr. Mai mult, creatorul principiului de incertitudine este creditat cu denumirea contribuţiei lui Bohr la fizica cuantică; Heisenberg a denumit-o „interpretarea Copenhaga a mecanicii cuantice". Aşa cum a spus Heisenberg într-o prelegere din 1924: „Unda de probabilitate a însemnat o tendinţă către ceva. A fost o versiune cantitativă a vechiului concept din filosofia aristoteliană, *potentia.* A introdus ceva care se află la jumătatea drumului dintre ideea de eveniment şi evenimentul real, un tip straniu de realitate fizică, aflat chiar la mijloc, între posibilitate şi realitate". Aşadar, pentru Heisenberg şi Bohr, posibilităţile multiple deveneau o singură realitate în

momentul în care erau observate.

În lumea noastră mare, vizibilă, suntem obişnuiţi să avem câte un singur răspuns corect la fiecare întrebare. Asta şi-au dorit să obţină Bohr, Planck, Schrödinger şi Einstein: să identifice un singur univers determinist clasic din multitudinea incertitudinii cuantice – o singură funcţie de undă. Sugestia lui Bohr potrivit căreia niciuna dintre funcţiile de undă nu corespundea particulelor sau universurilor reale în afară de cea pe care am găsit-o când am observat-o în anumite moduri a reuşit să evoce o lume vizibilă, în care totul era determinat cu certitudine de 100%. Numai că a dat greş într-o privinţă importantă – realitatea lui Bohr nu le-a dat lui Einstein şi Schrödinger ceea ce pentru ei conta cel mai mult: o realitate *obiectivă.* Un alt observator de-ai lui Bohr putea să observe aceeaşi particulă (sau acelaşi grup de particule) şi să declare un rezultat diferit, şi acesta cu certitudine de 100%. Diferiţi observatori puţea să producă descoperiri diferite pentru aceeaşi particulă şi fiecare observator ar fi declarat cu certitudine totală că descoperirea sa era cea reală. Şi toţi ar fi avut dreptate. Un bun exemplu de realitate subiectivă.

În acelaşi timp, colapsul funcţiei de undă propus de Bohr comitea încă un păcat: a creat un standard dublu. Îl trata pe observator (care nu era neapărat un om) ca

pe o entitate mare, vizibilă – cu alte cuvinte, face parte din lumea fizicii clasice, în care există câte un singur răspuns pentru fiecare problemă – în loc să fie un alt obiect cuantic. Prin asta, colapsul funcţiei de undă al lui Bohr amesteca fizica clasică, deterministă, cu lumea cuantică cât se poate de indeterministă.

Pentru a înţelege de ce acest standard dublu era o problemă atât de importantă, să ne imaginăm o situaţie în care toţi judecătorii (observatorii) care decid asupra disputelor şi infracţiunilor „particulei cuantice" umane în tribunalele de pe Pământ ar fi importanţi de la o civilizaţie extraterestră pe baza argumentului că aceşti judecători extratereştri ar fi observatori independenţi. Totuşi, faptul că nişte *extratereştri* i-ar judeca pe *oameni* i-ar forţa pe aceştia din urmă să-şi modifice legile şi reglementările pentru a respecta legislaţia şi deciziile juridice ale extratereştrilor. În aceeaşi manieră, dacă nişte particule cuantice minuscule ar fi judecate de observatori clasici, de mari dimensiuni, ele vor trebui să devină şi să se comporte asemenea particulelor clasice mari.

În pofida inconsistenţei din interpretarea Copenhaga a mecanicii cuantice, rolul observatorilor în cosmologie rămâne până în zilele noastre supus unei controverse aprige. Dar ceea ce în cele din urmă a subminat eforturile lui Bohr de a crea o lume guvernată de

observatori nu a fost această inconsistenţă clasic/cuantic. Mai degrabă a fost un experiment mintal efectuat de Erwin Schrödinger, fizicianul austriac a cărui ecuaţie omonimă este una din pietrele unghiulare ale mecanicii cuantice.

Schrödinger voia să extragă o singură lume clasică din funcţionarea teoriei cuantice la fel de mult ca şi Einstein, Bohr şi Planck. Dar respingea statutul divin pe care Bohr îl atribuise acestor observatori arbitrari, conferindu-le puterea de a decide ceea era şi ce nu era real în lume. Schrödinger a purtat o corespondenţă bogată cu Einstein referitor la aceste chestiuni şi paradoxurile legate de ele, iar în 1935 şi-a prezentat propriul său experiment mintal, numit pisica lui Schrödinger. A fost conceput ca să scoată în evidenţă deficienţele colapsului funcţiei de undă propus de Bohr, dar a devenit unul dintre cele mai celebre experimente mintale din întreaga cultură populară.

În acest experiment mintal, Schrödinger şi-a imaginat o pisică închisă într-o cutie care conţinea şi o cantitate minusculă de substanţă radioactivă, care putea sau nu să se dezintegreze după o oră, un ciocan şi un flacon cu otravă. Dacă substanţa radioactivă se dezintegra într-adevăr, acţiona ciocanul care spărgea flaconul cu otravă, ceea ce ar fi omorât pisica. După o oră şi un pic, un observator deschide cutia şi află dacă pisica e

moartă sau vie. Dacă atomul s-a dezintegrat, pisica este moartă. Dacă nu s-a dezintegrat, atunci pisica rămâne vie. Pisica moartă şi pisica vie sunt stări posibile permise – sau funcţii de undă – care descriu pisica; fiecare dintre ele are o probabilitate de 50% să fie corectă.

Schrödinger a arătat că, dacă ne-am baza pe raţionamentul inclus în colapsul funcţiei de undă al lui Bohr, n-am şti dinainte de a deschide cutia încuiată în care dintre aceste două stări am găsi pisica şi, prin urmare, pisica, înainte ca noi s-o observăm, trebuia să fie într-o superpoziţie a ambelor stări, ceea ce înseamnă că putea să fie atât vie, cât şi moartă în interiorul cutiei. Numai observatorul care deschide cutia va şti cu siguranţă în ce stare se află pisica. În terminologia lui Bohr, observatorul va colapsa funcţia de undă suprapusă, reducând-o la o singură variantă: fie pisica este vie, cu o probabilitate de 100%, fie moartă, tot cu o probabilitate de 100%. Aşadar, odată observată, pisica nu ar mai putea rămâne într-o stare cuantică, în care să fie atât vie, cât şi moartă; în schimb, pisica ar fi fixată într-o stare de existenţă.

Schrödinger încerca să demonstreze cât de ridicol suna să pui un observator să aleagă o soluţie din superpoziţia probabilităţilor de undă oferind un paradox: dacă pisica era găsită vie, atunci cum putea

pisica să fi fost fie pe jumătate moartă şi pe jumătate vie sau complet moartă cu o secundă înainte de a fi fost observată? Experimentul mintal al austriacului a avut efectul scontat: lui Einstein i-a plăcut atât de mult paradoxul lui Schrödinger, încât, pentru un efect special, a sugerat ca în loc de otravă Schrödinger să poată folosi praf de puşcă, a cărui explozie ar transforma pisica în bucăţi. Aceasta ar face ca paradoxul să fie şi mai spectaculos. Cum ar putea pisica din cutie să existe într-o stare combinată în care ar fi concomitent vie şi transformată în bucăţi? În momentul în care pisica ar fi găsită vie, bucăţile care ar fi rezultat din explozia recentă s-ar reasambla la loc într-o pisică vie?

Având nefericita pisică drept dovadă, Einstein şi Schrödinger au rămas fermi în convingerea lor că nu poate exista decât un singur univers, al nostru, şi că universul nostru este determinist – se comportă conform unui set de reguli fixe (legile naturii) care există independent de un observator. Dacă convingerile lor erau corecte, rezulta de aici că puteau să reconstituie trecutul universului tocmai până în momentul creaţiei şi că îi pot prezice viitorul. Singurul lucru pe care îl mai aveau de făcut era să descopere care erau acele reguli fixe!

Einstein şi Schrödinger şi-au dedicat vieţile căutării

acestui cod de reguli, teoria fundamentală a universului: o descriere unificată a tuturor forţelor din natură care consolidau ordinea şi restabileau certitudinea privind trecutul şi viitorul universului, originea şi destinul acestuia. O teorie a tuturor lucrurilor pentru un singur univers avea să înlocuiască probabilităţile „periculoase" ale multelor lumi indeterministe din mecanica cuantică. Era un scop presant şi ispititor, ce părea posibil de realizat. În definitiv, în secolul precedent, Maxwell realizase unificarea elegantă a forţelor electrice şi magnetice în teoria electromagnetismului. Cât de dificil putea să fie să se extindă asta la restul forţelor din natură?

După cum s-a dovedit, găsirea unei teorii a tuturor lucrurilor era mai grea decât ar fi putut oricine să anticipeze. Atât de grea, de fapt, încât în cursa lor pentru realizarea acestui obiectiv, Einstein şi Schrödinger s-au distanţat unul de celălalt până la punctul în care n-a lipsit mult ca Einstein să-l dea în judecată pe Schrödinger pentru plagiat – şi poate că ar fi făcut-o dacă n-ar fi intervenit fizicianul laureat al Premiului Nobel Wolfgang Pauli, care l-a convins pe Einstein să renunţe la dispută.

Aceşti pionieri ai teoriei cuantice nu au reuşit nici să găsească o teorie unificată a naturii, nici să colapseze cu succes funcţia de undă. Dar în eşecul lor era înglobată o

poveste de succes: munca lor a clădit fundaţia intelectuală pentru căutarea unei teorii testabile a multiversului.

Nu aş fi putut să-mi imaginez şi să-mi dezvolt propria mea teorie fără străduaniile lui Einstein şi Schrödinger – sau fără munca altui fizician tânăr care a fost activ cam în aceeaşi perioadă. Povestea acestui om de ştiinţă temerar a scos în evidenţă costurile îndepărtării excesive de curentul principal al fizicienilor teoreticieni.

Între 1953 şi 1956, Hugh Everett III a fost student la cursurile postuniversitare ale Universităţii Princeton, pentru multă vreme cămin a) lui Einstein. Acolo, tânărul om de ştiinţă a lucrat cu John Wheeler, un renumit fizician teoretician care fusese student, prieten şi colaborator al lui Niels Bohr (ca să nu mai pomenim de faptul că a fost un personaj cheie în Proiectul Manhattan, care a produs prima bombă nucleară aproape de finalul celui de-Al Doilea Război Mondial).[14] Lui Everett, pisica pe jumătate moartă, pe

[14] Wheeler este considerat bunicul relativităţii generale în Statele Unite ale Americii pentru că a revitalizat interesul pentru acest domeniu şi a pregătit prima generaţie de cercetători ai relativităţii generale din ţară. Acest grup esenţial de experţi, cunoscuţi în comunitatea ştiinţifică drept „copiii lui Wheeler", au dus mai departe ştafeta, pregătind a doua generaţie de relativişti, care îşi spuneau cu mândrie „nepoţii lui Wheeler", şi treptat familia lui Wheeler

jumătate vie i s-a părut irezistibilă. L-a făcut să se gândească intens la rolul observatorului şi la colapsul funcţiei de undă, iar această investigaţie a devenit disertaţia lui doctorală. Everett a identificat în mod strălucit discrepanţa fundamentală dintre colapsul funcţiei de undă propus de Bohr şi paradoxul pisicii lui Schrödinger. Astfel, a remarcat Everett, observatorul ipotetic al lui Bohr trăia după regulile unei lumi clasice, în vreme ce pisica lui Schrödinger şi cutia care o ţinea prizonieră se supuneau regulilor din lumea cuantică. Everett a oferit o cale simplă de ieşire din paradoxul pisicii. Să convenim că totul în univers, inclusiv universul însuşi, este guvernat de un set unic de reguli, cele ale teoriei cuantice.

Implicaţiile acestei idei erau uriaşe. Observatorul, la fel ca pisica, putea acum să fie într-o superpoziţie a două stări, atât mort, cât şi viu. De asemenea, pisica îl „privea" pe observator în conformitate cu aceleaşi legi care îl guvernau pe observator în timp ce acesta „privea" pisica. (Din câte ştim, observatorul ar fi putut să fie o altă pisică!) Mai mult, stările observatorului trebuiau combinate cu stările vie-sau-moartă ale pisicii pentru a forma o singură funcţie de undă. Aceasta

---

a crescut şi a devenit comunitatea dominantă pe plan mondial din domeniul relativităţii. În 1935, Wheeler a fost angajat ca lector universitar la facultatea de fizică a UNC Chapel Hill *(n. a.)*.

însemna că putea exista un univers în care atât pisica, cât şi observatorul să fie vii, un alt univers în care pisica era vie, dar observatorul era mort (şi viceversa), şi un altul în care atât pisica, cât şi observatorul erau morţi. De asemenea, observatorul şi pisica interacţionau prin simplul fapt că se priveau reciproc. Această interacţiune a pisicii cu observatorul le-a permis să-şi „comunice" descoperirile instantaneu (să ne amintim cum universul nostru cuantic minuscul, în expansiune, comunică în timpul inflaţiei cosmice) şi să facă ajustările corespunzătoare, prin asta dând naştere la şi mai multe lumi posibile. Într-un mod năucitor, mecanica cuantică permitea existenţa simultană a tuturor acestor universuri.

După teoria lui Everett, a cărui versiune scurtă a fost publicată în 1956, sub forma disertaţiei lui doctorale, certitudinea cu privire la lume a dispărut. Dacă Everett avea dreptate, atunci nu doar pisica, ci şi observatorul erau obiecte cuantice. Însemna că observatorul avea acelaşi statut ca şi pisica şi se conforma aceloraşi reguli. Trecând de la domeniul pisicilor care explodează la întregul univers, Everett a demonstrat că o aplicare directă a mecanicii cuantice la univers prezicea un cosmos complex şi bizar alcătuit din lumi multiple, interconectate într-un mod complicat – sau suprapuse (să ne amintim experimentul cu fantă dublă şi sala de

concerte cu superpoziţia undelor) – una cu cealaltă într-o funcţie de undă universală. Dacă, în faza sa embrionară, universul era de mărime subatomică sau nimic mai mult decât o particulă minusculă, atunci, conform raţionamentului lui Everett, întregul univers, indiferent de dimensiunea sa, trebuie să se supună regulilor mecanicii cuantice. Ca orice altă particulă cuantică, el poate fi reprezentat de o funcţie de undă sau, mai exact, ca un fascicul de unde unite într-o funcţie de undă a universului.

La fel cum particulele cuantice aveau şansa să se deplaseze pe oricare din mai multe traiectorii, nu doar pe una fixă, predeterminată, conform lui Everett funcţia de undă a universului nu are niciun curs predeterminat. Ea se poate diviza continuu în multe traiectorii posibile sau ramuri, fiecare dintre ele putând produce un univers diferit. Şi dintr-odată posibilitatea lumilor multiple a revenit, după două mii de ani de când grecii din Antichitate au considerat-o un experiment mintal filosofic. Dar care dintre aceste lumi este cea reală?

Răspunsul, potrivit lui Everett, este că toate universurile cuantice posibile care sunt suprapuse într-o mare funcţie de undă a universului – adică, toate ramurile funcţiei de undă care produce universuri – au şanse egale de a exista. Ele au acel drept la existenţă

pur şi simplu pentru că, după cum a argumentat Everett, nu există nicio lege a naturii care să interzică asta. Everett şi-a numit teoria „funcţia de undă universală a universului”.

Mulţimea universurilor lui Everett a devenit cunoscută în cultura populară ca „universuri paralele”. De fiecare dată când tu ai de respectat un termen de predare şi lucrezi până noaptea târziu, există o copie identică a ta care e acasă într-un alt univers şi îi citeşte copilului o poveste ca să-l adoarmă, în loc să muncească. De fiecare dată când postezi pe Twitter un mesaj pe care ţi-ai fi dorit să nu-l fi postat, există o copie identică a ta într-un univers paralel care a decis să nu posteze acel mesaj. De fiecare dată când ai ezitat, când ţi-ai cântărit îndelung deciziile, copii de-ale tale din universuri paralele se confruntau cu toate deciziile posibile pe care le-ai fi putut lua dar nu le-ai luat în universul tău curent. Funcţia de undă universală a universului s-a tot divizat şi ramificat în moduri înnebunitoare în multe lumi posibile care au înglobat toate evenimentele posibile care i s-ar fi putut întâmpla oricărei particule din univers. Aşa cum s-a întâmplat atât de des în istoria teoriei cuantice, ceea ce s-a dorit a fi o misiune investigativă de demistificare a stranietăţii teoriei n-a reuşit decât s-o facă mai puternică şi mai stranie.

Din păcate, cariera lui Everett a fost distrusă în cele din urmă pentru că s-a împotrivit gândirii tributare curentului principal. Ce putea să facă Wheeler, îndrumătorul lui Everett, cu aceste idei? Bohr era prietenul şi idolul său. Everett era studentul lui. Wheeler nu putea să-l abandoneze pe niciunul dintre ei. În pofida predilecţiei lui Wheeler pentru soluţiile exotice găsite problemelor dificile, în ciuda intuiţiei lui nefireşti în recunoaşterea marilor idei asemenea celei avansate de studentul său şi cu toate că Wheeler a înţeles că Everett venise cu o argumentaţie solidă cu privire la deficienţele colapsului funcţiei de undă a universului propuse de Bohr, alegerea era foarte dificilă. Bohr era o forţă cu care era bine să nu te pui. Wheeler a încercat să aranjeze o întâlnire între Bohr şi Everett, astfel încât cei doi să-şi poată lămuri divergenţele. Wheeler l-a rugat pe studentul său preferat, Charles Misner (care, pe lângă faptul că era un cercetător strălucit, era cunoscut pentru dispoziţia sa calmă şi binevoitoare) să-l însoţească pe Everett în călătoria spre Danemarca. (Peste ani, Misner avea să-mi fie profesor de relativitate generală la Maryland.) în tot cazul, nimic n-a mers conform planului lui Wheeler. Bohr şi Everett nu şi-au putut reconcilia punctele de vedere. Bohr detesta criticile aduse de Everett teoriei sale dragi, încă dominante, a colapsului funcţiei de

undă. Mintea lui era impermeabilă la ideile lui Everett.

În cele din urmă, prins la mijloc între furia lui Bohr şi colegul său de la Princeton, Einstein, Wheeler a decis că nu poate susţine public interpretarea lumilor multiple a mecanicii cuantice propusă de Everett, aşa că a eliminat cea mai mare parte a controversei din disertaţia de doctorat a acestuia din 1956, condensând cele peste 100 de pagini ale lucrării în circa 30. Everett a fost expulzat din cariera ştiinţifică şi a ajuns să lucreze pentru industria apărării.

Lumea nu ar fi aflat despre interpretarea lumilor multiple a lui Everett dacă n-ar fi existat un om, colegul meu din grupul de fizică teoretică de la UNC Chapel Hill, Bryce Dewitt. Ca om de ştiinţă, era cât se poate de conservator, iar ca persoană era la fel de temător. (Şi-a construit un buncăr în curtea casei sale din Chapel Hill ca să-şi protejeze familia de un posibil atac nuclear în timpul Războiului Rece.) Dewitt şi-a petrecut viaţa profesională lucrând pentru acelaşi obiectiv pe care-l aveau idolii săi ştiinţifici – să încerce să unifice matematic mecanica cuantică cu forţele gravitaţionale. Totuşi, în 1973, ca redactor la *Reviews of Modern Physics,* a recunoscut importanţa cercetărilor lui Everett, a luat iniţiativa şi a avut curajul să publice disertaţia completă a acestuia.

Când lucrarea neexpurgată a lui Everett a fost în

sfârşit publicată, Dewitt a decis să schimbe denumirea de „funcţie de undă universală a universului”. Prin urmare, a redenumit-o „interpretarea de tip lumi multiple a mecanicii cuantice”, un nume care a rămas până în zilele noastre. Nu că lui Everett i-ar mai fi păsat. Era prea târziu pentru el ca să-şi reia cariera ştiinţifică. A murit după mai puţin de un deceniu, în 1982.[15]

Teoria cuantică a parcurs un cerc complet, de la cuantele de energie ale lui Planck la lumile multiple ale lui Everett, iar această evoluţie a avut implicaţii profunde pentru cosmologie. În teoria cuantică, natura fundamentală a lumii a devenit o mulţime impredictibilă de multe universuri cuantice posibile, fiecare dintre ele având o şansă de a exista. Uneori, ele se pot împleti împreună într-o superpoziţie difuză care produce multe combinaţii posibile. Alteori, ele se pot ramifica individual. Rezultatul: un număr infinit de asemenea lumi şi un număr infinit de comportamente posibile. A rezultat universul nostru, şi multe altele, dintr-un joc al şanselor? Până de curând, foarte puţini oameni de ştiinţă erau dispuşi să-şi rişte carierele

[15] Trauma şi dificultăţile îndurate de Everett în timp ce încerca să-şi apere teza lumilor multiple şi ravagiile pe care aceasta i le-a făcut în viaţă sunt descrise minunat în cartea lui Peter Byrne, *The Many Worlds of Hugh Everett III* (New York: Oxford University Press, 2010. *(n. a.).*

lucrând la teoria cuantică a lumilor multiple. Soarta lui Everett a fost un semnal de alarmă pentru mulţi dintre noi. Inclusiv pentru mine.

6
Unsprezece dimensiuni

În călătoria mea cosmologică, mi-a fost de folos faptul că munca mea a fost călăuzită doar de dragostea pentru subiectul pe care-l studiam. Undeva pe acest drum, am învăţat că o astfel de abordare, deşi nu întotdeauna uşoară sau înţeleaptă, este totuşi privilegiată. Faptul că am fost un om de ştiinţă de dragul ştiinţei mi-a dăruit o viaţă ca o copilărie fericită, când nu eşti afectată de supoziţii sau prejudecăţi şi nu ai tabere preferate, ci doar o lume nouă şi incitantă, care te aşteaptă să o descoperi.

Când eram adolescentă în Albania, existau două cursuri obligatorii pentru toţi studenţii universităţii, inclusiv pentru cei care studiau ştiinţele: mai întâi, Istoria marxismului, iar apoi, Educaţia fizică. Pe amândouă le-am detestat, deşi din motive diferite.

Aş fi meritat să rămân corijentă la ambele materii. Dar, dacă s-ar fi întâmplat una ca asta, nu mi-aş mai fi putut lua diploma la materia de care chiar îmi păsa: Fizica. Să memorez nume, date şi locuri din istoria

marxismului, mai ales că o mare parte din ceea ce ni se spunea erau minciuni, a fost o tortură pentru mine. Memorarea n-a fost niciodată punctul meu forte. Şi aveam un defect de caracter: pot să lucrez fără probleme zi şi noapte, cu genul de concentrare intensă de parcă în jurul meu n-ar mai exista nimic altceva, dar tergiversez groaznic temele la materiile care nu-mi plac. Aşa că am lăsat pregătirea pentru examenul de Istorie a marxismului pentru ultima zi. Când în sfârşit m-am forţat să studiez, am folosit un truc pe care mă bazam uneori: am stat să studiez toată noaptea de dinaintea examenului. Plănuiam să fiu primul student care apare în faţa comisiei de examinare de a doua zi dimineaţă. Urma să iau examenul cât încă mai aveam totul proaspăt în minte, apoi să mă duc acasă, să dorm şi să uit tot ce învăţasem. Tata a rămas treaz alături de mine, supunându-mă la teste.

Doar că n-a mers. În timp ce stăteam în faţa comisiei de examen, mi s-a pus o întrebare foarte simplă: în ce an a murit Stalin? N-aveam nici cea mai vagă idee. Doi dintre colegii mei de clasă aşteptau afară, iar unul dintre ei s-a căţărat pe umerii celuilalt, şi-a lipit faţa de geam şi a ridicat mai întâi cinci degete, apoi trei. Dar am aflat asta ulterior; în acel moment, eram prea jenată ca să mă uit la ei în timp ce comisia îmi aştepta răspunsul.

După o scurtă pauză, le-am spus celor din comisie că îmi pare rău, dar nu-mi aduc aminte. Apoi am izbucnit în râs şi am fugit din sala de examen, în timp ce membrii comisiei strigau după mine: „Ţi se pare că-i amuzant? Ai picat. Nu ştii nici măcar când a murit conducătorul Uniunii Sovietice, tovarăşul Stalin?”

Afară, unii dintre profesorii mei au auzit gălăgia şi m-au întrebat ce se întâmplase. Au intrat, au vorbit cu membrii comisiei, s-au întors şi mi-au spus:

— Comisia nu se îndoieşte că, bineînţeles, ştiai răspunsul, dar examenele pot fi o încercare psihologică dificilă. Ei şi-au dat seama că ai avut doar un lapsus temporar, aşa că au decis să te treacă.

Ulterior am aflat că profesorii mei făcuseră presiuni şi le sugeraseră celor din comisia de Istorie să nu mă pice, dându-le de înţeles că, dacă vreuna din rudele membrilor comisiei avea de gând să urmeze cursuri de matematică sau de fizică, profesorii mei se vor purta îngăduitor cu acel elev.

Cam la fel s-a întâmplat şi la orele de Educaţie fizică. Încă îl mai aud pe profesor ţipând la mine când învăţam cum să aruncăm grenade de jucărie, iar eu am aruncat-o pe-a mea chiar la picioarele mele. „Dacă asta ar fi fost o grenadă adevărată, ne-ai fi aruncat pe toţi în aer. Din cauza ta, am fi murit cu toţii!” Şi de data asta, minunaţii mei profesori de mate şi de fizică au avut o

mică discuţie cu profesorul de sport şi aşa am trecut.

Dar acele experienţe m-au făcut să fiu inerent suspicioasă faţă de linia partidului – a oricărui partid. Nu era doar ceea ce eram obligaţi să învăţăm, ci şi ce nu ni se spunea. Guvernul se simţea ameninţat şi nu putea permite oamenilor să privească dincolo de graniţe, înspre lumea largă, prin intermediul cărţilor, al televizorului şi al călătoriilor. Cu toate acestea, folosind antene artizanale şi alte metode, unii albanezi au găsit o cale de a înlătura acele bariere.

Date fiind acele experienţe, mi-a fost greu să înţeleg argumentul potrivit căruia oamenii de ştiinţă n-ar putea să exploreze niciodată momentul creaţiei sau ce a fost înainte de acesta. Nu puteam să accept aşa ceva. Aşa încât, ca tânăr om de ştiinţă, nu cu mult mai vârstnică decât fusese Everett când decisese să înfrunte convenţia, am ales să explorez lumea complexă a posibilităţilor care se deschidea în faţa mea.

În a doua jumătate a secolului XX, cei doi mari piloni ai fizicii moderne, mecanica cuantică şi relativitatea generala, au fost perfecţionaţi până la formele lor actuale. Consacrarea lor a condus la progrese considerabile în fizica particulelor, care apăruse de doar câteva decenii, dar era pe cale să revoluţioneze lumea fizicii.

Fizica particulelor studiază crearea şi interacţiunile constituenţilor subatomici, cunoscuţi ca particule elementare, din univers. Înglobată în teoria universului se află o teorie a forţelor cuantice şi a particulelor acestora, care populează universul: un model standard al particulelor. Particulele sunt purtătoare de forţe.[16] În anii 1970 şi 1980, fizica particulelor părea a fi pe punctul de a unifica forţele cuantice într-o singură teorie. Progresele spectaculoase din fizica particulelor au culminat cu unificarea a trei forte cuantice în modele ale unei mari teorii unificate. O realizare deloc neînsemnată!

Unificarea forţelor sub o singură teorie umbrelă se foloseşte de faptul că intensităţile forţelor (determinate cu ajutorul unor constante empirice, cunoscute sub denumirea de „constante de cuplare") nu sunt cu adevărat constante; mai degrabă, ele se schimbă cu energia. Unificarea lor are loc deoarece la o anumită scară a energiilor – în acest caz, la valori doar de circa zece mii de ori mai mici decât energia Big Bangului –

[16] Fiecare forţă este realizată prin schimbul sau împrăştierea bosonilor – particule cu spin întreg – săi pentru transferul cuantelor de energie care se supune propriilor sale reguli statistice. De exemplu, putem să considerăm forţa gravitaţională ca fiind un schimb de gravitoni, forţa electromagnetică drept un schimb de fotoni, forţa nucleară tare ca un schimb de gluoni şi aşa mai departe. Prin contrast, particulele cu jumătate de spin sunt numite fermioni şi se supun unor reguli statistice diferite *(n. a.)*.

forţele devin de intensităţi aproximativ egale şi astfel nu mai pot fi distinse unele de altele.

Cele trei forţe unificate, din cele patru cunoscute a exista în universul nostru, sunt forţa electromagnetică a lui Maxwell, care descrie lumina şi interacţiunile electromagnetice; forţa slabă, care este responsabilă pentru particule şi dezintegrarea radioactivă; şi forţa nucleară tare, care leagă quarcii între ei pentru a forma protoni, neutroni şi nuclee atomice. Unificarea celei de-a patra forţe cunoscute, forţa gravitaţională, cu celelalte trei era ultima barieră ce despărţea ştiinţa de descoperirea unei megateorii. Cât de dificil putea să fie?

Nu putea fi atât de greu pentru minţile strălucite. Hawking, care, alături de mulţi alţii, şi-a petrecut o bună parte a vieţii lucrând la o teorie a tuturor lucrurilor, a prezis că aceasta va fi descoperită înainte de anul 2000.

Dar iată că din nou natura a refuzat să coopereze. Teoria cuantică *şi* teoria relativităţii a lui Einstein tot nu puteau fi unificate; ele rămâneau blocate în acelaşi duel al răspunsurilor pentru funcţionarea universului care dăinuia de la formularea fiecăreia dintre ele.

Aşa încât fizicienii teoreticieni au făcut ceea ce făcuseră de-a lungul anilor: s-au întors la planşeta de proiectare şi au început să-şi imagineze nu o lume mai

mare, ci chiar una mai mică. Rezultatul, denumit teoria corzilor, a fost elaborat de un număr de fizicieni proeminenţi pe parcursul câtorva decenii în a doua jumătate a secolului XX. În termenii cei mai simpli, teoria corzilor reduce lumea la obiecte unidimensionale, înlocuind particulele punctiforme cu corzi unidimensionale extinse. Există două tipuri posibile de corzi: deschise, când cele două capete sunt libere, şi închise, la care cele două capete sunt unite şi formează o buclă. Corzile sunt prea mici pentru a fi observate. Dar, spun teoreticienii corzilor, sunt elementele constituente esenţiale ale universului. Sunt firele din care este ţesută însăşi textura spaţiu-timpului.

Teoria corzilor era menită să fie eluziva teorie a tuturor lucrurilor care făcea legătura dintre cele trei forţe cuantice cu cea de-a patra, forţa gravitaţională. Dar în teoria corzilor, unificarea forţelor într-o manieră coerentă matematic este posibilă numai dacă lumea este mărită prin adăugarea unor dimensiuni spaţiale universului. Teoreticienii corzilor au postulat că, aşa cum vibraţiile create de corzile unui instrument dau naştere notelor muzicale, vibraţiile acestor filamente minuscule dau naştere diferitelor particule; fiecare particulă elementară era determinată de intonaţii subtile ale corzilor închise subiacente. Astfel, fiecare particulă care a fost descoperită putea fi

conceptualizată ca „notă” în simfonia grandioasă a naturii.

De obicei, ne gândim la toate particulele elementare, cum ar fi cele care alcătuiesc atomul (electroni, protoni, neutroni) ca la particule punctiforme. Dar, dacă am privi la aceste obiecte la un microscop cu amplificare suficientă pentru a observa atomii individuali, în loc de o particulă am vedea un fascicul de unde strânse laolaltă într-un minuscul pachet de unde (după cum e şi de aşteptat, dacă ne amintim conceptul de dualitate undă-particulă din turul nostru prin lumea cuantică).

Să presupunem însă că am dispune de un microscop şi mai puternic, unul care poate sonda dimensiuni mult mai mici decât cea a unui atom – unul care să ne permită să focalizăm la scări de 10^-33 centimetri (cât o lungime Planck), cea mai mică scară la care putem să avem încredere în teoriile noastre cuantică şi relativistă. La acest nivel, în loc să zărim particule punctiforme şi fascicule de unde, ar trebui să vedem bucle de corzi care vibrează. Mai mult, fiecare frecvenţă a fiecărei corzi ar trebui să corespundă unei anumite cantităţi de energie. (Celebra ecuaţie a lui Einstein $E = mc^2$ înseamnă că energia Planck $E = h\nu$ produsă de frecvenţa vibraţiilor este transformată în masa particulei.) Când vibrează la o anumită frecvenţă, o coardă închisă unidimensională corespunde unui electron, dar

vibrând la o altă frecvenţă (mai înaltă), aceeaşi coardă unidimensională va produce un proton, iar vibrând la o frecvenţă diferită de primele două, ar produce un graviton (o particulă ipotetică ce mediază forţa gravitaţională). Cu alte cuvinte, tipul de vibraţii ale unei corzi singure este ceea ce determină masa fiecărui tip de particulă elementară.

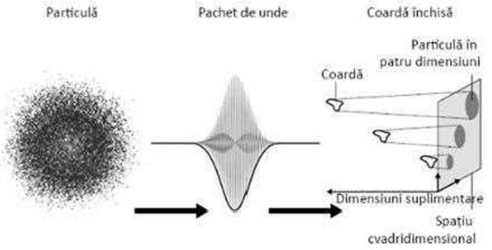

Figura 8. O particulă punctiformă, în stânga figurii, este dispersată într-un fascicul de unde strânse laolaltă, prezentat în pachetul de unde din mijlocul figurii. Dar ceea ce nouă ne apare ca particulă punctiformă este de fapt, conform teoriei corzilor, vibrația unei corzi închise, prezentată în dreapta figurii. Frecvența vibrațiilor determină masa particulei.

În teoria corzilor, straturile de vibraţii – asemenea notelor interpretate simultan de diferitele instrumente ale unei orchestre, ca să păstrăm analogia cu muzica – se combină într-o varietate de moduri pentru a umple fiecare celulă din cosmos, până la dimensiunile cele mai mici. Dar putem produce muzica sferelor numai dacă putem face ca această structură să rămână armonios laolaltă din punct de vedere matematic.

Coerenţa acelei melodii celeste poartă cu ea un cost ridicat. Pentru că teoria corzilor trebuie redusă la o

lume cvadridimensională.

Noi, oamenii, experimentăm spaţiul în trei dimensiuni: înălţime, lăţime şi lungime. Prin adăugarea timpului – pe care Einstein l-a plasat pe o treaptă egală cu celelalte dimensiuni în teoria relativităţii generale – obţinem în total patru dimensiuni (spaţiu-timp).

Percepţia umană se poate adapta la o realitate cvadridimensională. Dar teoria corzilor ne cere să presupunem o lume compusă din *unsprezece* dimensiuni. Cel care a propus această idee năucitoare a fost Edward Witten, un pionier al teoriei corzilor şi un renumit fizician şi matematician de la Institutul pentru Studii Avansate de la Princeton, care în 1995 şi-a dat seama că versiunile anterioare ale teoriei corzilor pot fi unificate sub o teorie umbrelă pe care a denumit-o Teoria M. Această teorie ne spune că, pe lângă cele patru dimensiuni cu care suntem obişnuiţi – timpul, lăţimea, înălţimea şi lungimea –, există încă *şapte* dimensiuni ascunse în cosmos.

Bineînţeles, creierul uman nu este conceput în aşa fel încât să înţeleagă şapte dimensiuni suplimentare. Aşa încât trebuie să reformulăm conceptul în mintea noastră. Aşa cum marele pictor suprarealist René Magritte, probabil cunoscut mai ales pentru

autoportretul său în care s-a înfăţişat ca un melon deasupra unui măr verde care-i reprezintă faţa, a spus cândva: „Tot ceea ce vedem ascunde un alt lucru”. Având drept ghid această afirmaţie, putem începe să înţelegem cu mintea noastră umană cele unsprezece dimensiuni cerute de teoria corzilor.

În efortul de a face spaţiu-timpul cu 11 dimensiuni mai uşor de înţeles, să încercăm un experiment mintal în care folosim analogia cu picturile şi artiştii plastici. Pictorii sunt capabili să construiască o reprezentare tridimensională a lumii pe un plan bidimensional, pânza de pe şevalet, folosind în mod inteligent punctele focale şi perspectiva. Împrumutând din metodele lor, putem vizualiza dimensiunile spaţiale suplimentare ale teoriei M.

Alege pictura ta preferată care reprezintă trei dimensiuni şi priveşte cu atenţie la distanţa dintre două obiecte ce par a fi situate în diferite poziţii. Dacă ai lumina cu o lanternă fiecare obiect, razele de lumină sunt perspectiva, iar punctul în care aceste raze converg este punctul focal sau punctul de fugă. Să remarcăm cum punctele de fugă a două obiecte din pictură sunt nealiniate pentru a fi defocalizate între ele. Această nealiniere subtilă din pictură este ceea ce face posibilă a treia dimensiune, deoarece percepţia noastră o interpretează ca adâncime. Deşi este imposibil ca

adâncimea să fie inclusă într-o pânză bidimensională, artistul a reuşit totuşi s-o deseneze „păcălindu-ne” vizual creierul.

Exact acelaşi truc poate fi folosit pentru a transcende pânza tridimensională a minţii noastre astfel încât să ne putem reprezenta dimensiunile suplimentare. Deşi ştim că, strict vorbind, o a patra dimensiune spaţială macroscopică nu există în universul nostru, ne putem imagina una.

Ca să înţelegi cum ar putea funcţiona asta, ţine o foaie de hârtie în poziţie verticală şi la un unghi drept faţă de corpul tău, ca în Figura 9. Tot ce ar trebui să vezi este o linie, nu planul hârtiei, pentru că din acest unghi lungimea foii este la 90 de grade şi nu poate fi văzută, iar lăţimea hârtiei este prea mică pentru a fi observată de la distanţă, aşa încât este şi ea ascunsă vederii. Tot ce putem vedea este înălţimea foii de hârtie. De dragul argumentaţiei, să presupunem că există mai multe dimensiuni în plus faţă de cele trei dimensiuni ale universului nostru care se ascund în spatele lăţimii şi lungimii acestei foi de hârtie (care, deşi sunt ascunse vederii, ştim că există, pentru că ştim că trăim într-un univers cu trei dimensiuni spaţiale). Să ne imaginăm că o a patra şi – de ce nu? – o a cincea dimensiune spaţială sunt încorporate în lăţimea sau lungimea hârtiei şi ascunse vederii, ca în Figura 9. Aceste dimensiuni

suplimentare sunt atât de microscopic de mici şi de ondulate, încât nu le putem vedea cu ochiul liber sau cu microscoapele noastre actuale şi totuşi, din raţiuni matematice, presupunem că sunt acolo.

Pentru a ne imagina cea de-a şasea dimensiune, să presupunem (ipotetic) că ceea ce se ascunde în spatele celei de-a patra dimensiuni din Figura 9 este un obiect cu volum tridimensional în locul foii de hârtie bidimensionale din ilustraţia noastră. În acest caz, ar trebui să avem două dimensiuni suplimentare ascunse în spatele celei de-a patra, ceea ce ne aduce la un total de şase dimensiuni.

Putem repeta acest exerciţiu mintal ca să ne imaginăm şi mai multe dimensiuni ascunse până când în cele din urmă ajungem la cele 11 dimensiuni ale spaţiu-timpului teoriei M. Astfel, la fel cum scoatem la iveală versiuni tot mai mici ale păpuşilor Matrioşka cuibărite una în cealaltă, putem extrapola celelalte şapte dimensiuni suplimentare ale teoriei M înfăşurate şi ascunse vederii în interiorul cosmosului continuând să sondăm mai adânc în straturile spaţiu-timpului.

Pe scurt, conceptele fundamentale ale teoriei corzilor spun că particulele punctiforme ascund o coardă închisă, vibratoare, la lungimea Planck, iar spaţiu-timpul ascunde şapte dimensiuni suplimentare – dar, aspect esenţial, numai la tipul de scări

subatomice care scapă de testabilitate.

Teoria corzilor este un exerciţiu interesant – dar este un exerciţiu matematic. Cum am putea şti dacă există şi în plan fizic? Teoria corzilor poate realiza acest obiectiv numai dacă până la urmă reproduce şi explică universul în care existăm.

Pentru a reproduce un univers cvadridimensional dintr-o lume cu 11 dimensiuni, susţinătorii teoriei corzilor şi-au concentrat eforturile pe minimizarea sau simplificarea celor şapte dimensiuni suplimentare, pentru a readuce Teoria M la universul cvadridimensional. Au făcut asta prin conceptualizarea celor şapte dimensiuni adăugate ca fiind infinitezimal de mici, păstrând mari doar cele trei dimensiuni ale lumii pe care o cunoaştem. În acest mod, cele şapte dimensiuni suplimentare, deşi încă fac parte dintre elementele constituente fundamentale ale naturii, au devenit invizibile creaturilor „normale”, familiarizate doar cu o lume clasică, una care conţine un volum mare tridimensional al spaţiului şi timpul ca a patra dimensiune. Altfel spus, după ce te-ai străduit să vizualizezi cele şapte dimensiuni suplimentare ale spaţiului, eşti pe cale să te debarasezi de ele ca să-ţi recuperezi lumea ta reală, în patru dimensiuni.

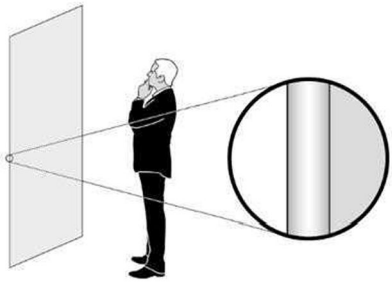

Figura 9. Desen ce ilustrează perspectiva explicată în textul adiacent. Persoana care stă în fața hârtiei îi poate vedea lungimea și înălțimea, dar nu și adâncimea, astfel că nu este conștient de existența acestei a treia dimensiuni. Această persoană nu ar putea să-și dea seama de existența unor dimensiuni și structuri suplimentare, dacă acestea ar fi încorporate și ascunse vederii în adâncimea hârtiei.

În terminologia matematică, această înfăşurare a dimensiunilor suplimentare este cunoscută sub denumirea de compactarea spaţiului. Dar implementarea compactării este dificilă. Dacă, la nivel fundamental, natura are zece dimensiuni spaţiale şi o dimensiune temporală, atunci ce se întâmplă cu toate celelalte „lucruri”, cum ar fi particule, câmpuri cuantice, curenţi, fluxuri şi forţe care trebuie să umple spaţiul suplimentar din acele dimensiuni, în acelaşi mod în care particulele, câmpurile cuantice, curenţii, fluxurile şi forţele umplu volumul lumii noastre cvadridimensionale?

Compactarea dimensiunilor suplimentare seamănă cu a lua un cub plin cu materie şi a încerca să-l comprimi până când se aplatizează complet la baza lui. Acum să ne imaginăm că acel cub este plin cu material cuantic, cum ar fi câmpuri, particule, fluxuri şi curenţi. De fiecare dată când este comprimat, materialul cuantic

din interior este excitat, iar energia interioară a cubului este sedimentată la baza acestuia.

Aceste variaţii ale conţinutului energetic din interiorul cubului din exemplul nostru, fluctuaţiile rezultate în urma compactării, nu sunt altceva decât fluctuaţiile cuantice pe care le-am întâlnit mai devreme. Acestea sunt cel mai bine înfăţişate ca nişte arcuri invizibile înăuntrul cubului, foarte asemănătoare cu arcurile unei saltele. Să presupunem că o persoană corpolentă se oferă să se întindă pe saltea şi s-o comprime până o aplatizează. Apoi, pe măsură ce conţinutul cuantic al cubului – arcurile din metafora noastră – este comprimat, acesta este şi mai mult angrenat, sau „excitat", şi tensionat.

Pentru a spori dificultatea, să ne imaginăm că înălţimea cubului este heptadimensională, iar baza cubului este tridimensională. Când comprimăm cubul, tot materialul cuantic din interiorul volumului este comprimat şi excitat de-a lungul „înălţimii" heptadimensionale. Acest morman de energie trebuie descărcat undeva când cubul este aplatizat, iar acel „undeva" poate fi doar pe baza tridimensională.

În această etapă, dacă am putea să amplificăm din nou imaginea cu ajutorul supermicroscopului nostru, ne vom aştepta să întrezărim o lume ascunsă precum cea din Figura 10. La nivel grafic, acesta este modul în

care, după exerciţiul matematic masiv al compactării, teoreticienii corzilor cred că au creat o lume cvadridimensională (ca în universul nostru) care conţine materie şi energie.

Speranţa era că, după ce acest exerciţiu ar fi fost încheiat cu succes, teoreticienii corzilor ar fi derivat o teorie unificată a tuturor lucrurilor pentru originea noastră şi astfel ar fi fost în măsură să scrie capitolul final din fizică.

Doar că nu asta s-a întâmplat. Ceea ce s-a petrecut în jurul anului 2004 a fost ceva cu mult mai bine – sau cu mult mai rău, în funcţie de persoana pe care o întrebi.

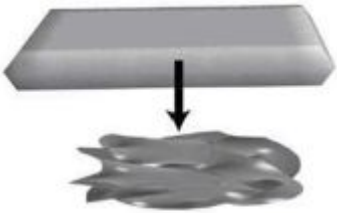

Figura 10. În partea de jos a imaginii vedem fasciculele de corzi din interiorul „cutiei cu arcuri comprimate" cvadridimensionale, adică ceea ce a rămas după ce cele şapte dimensiuni suplimentare sunt compactate. Conform teoriei corzilor, la nivel grafic, aşa ar arăta spaţiu-timpul universului nostru dacă am putea sonda dimensiuni de, să spunem, 10^(-30) cm. În loc să vedem particule punctiforme sau un spaţiu-timp gol, am putea observa fascicule de corzi. Volumul celor şapte dimensiuni suplimentare ale cutiei din partea de sus a imaginii este comprimat (reprezentat de săgeată) şi ascuns vederii.

*

La început, comunitatea ştiinţifică a primit rezultatul compactării ca pe un dezastru.

Compactarea, un proces prin care se elimină cele şapte dimensiuni suplimentare şi se reduce volumul spaţiu-timpului de la unsprezece dimensiuni la patru, produce într-adevăr un univers ca al nostru. Dar în

acelaşi timp le dă fizicienilor mult mai mult decât şi-au dorit.

A reieşit că există foarte multe moduri de înfăşurare a dimensiunilor suplimentare şi chiar şi mai multe moduri de combinare a straturilor de fluctuaţii ale materialului cuantic din acel volum suplimentar. Şi, pentru fiecare variantă posibilă, este produsă o nouă groapă de energie potenţială[17], cunoscută ca vacuum (vid) de peisaj, care poate să declanşeze un Big Bang. În prezent, folosind procesul matematic de compactare, teoreticienii corzilor au găsit aproximativ 10^600 (1 urmat de 600 de zerouri) posibilităţi. Această vastă colecţie de energii potenţiale de tip Big Bang, colecţia a circa 10^600 vacuumuri obţinute prin procesul pe care tocmai l-am descris, este cunoscută sub denumirea de peisajul teoriei corzilor.

Descoperirea peisajului teoriei corzilor a zdruncinat până în temelii lumea fizicii teoretice. Deceniile de eforturi depuse de teoreticienii corzilor pentru a reduce lumea 11-dimensională a teoriei corzilor ca să obţină soluţii care să descrie un singur univers cvadridimensional au dezlănţuit în mod necugetat scenariul unei fabrici virtuale de creare a universurilor,

---

[17] Inspirându-mă din analogia noastră cu bilele de sticlă rostogolindu-se pe coasta muntelui, voi denumi uneori aceste vacuumuri văi de energie în loc de gropi de energie *(n. a.)*.

care ar putea juca rolul de incubator pentru multe energii cu potenţial de Big Bang, din care ar putea să se nască miliarde de universuri-prunc.

Dacă asta pare a fi multă informaţie de asimilat, chiar este – chiar şi pentru fizicienii experimentaţi. Totuşi, există o modalitate în care putem reprezenta un peisaj de corzi ca pe ceva asemănător peisajelor fizice cu care suntem familiarizaţi. El poate avea vârfuri şi văi, ca un lanţ muntos. Dar, spre deosebire de peisajul obişnuit de pe Pământ, care există în spaţiul şi timpul real, peisajul teoriei corzilor există într-un spaţiu al energiei – energii care reprezintă gama de variante sau posibilităţi existente în această lume a corzilor când încerci să produci un univers cvadridimensional. La fel cum în peisajul fizic familiar câteva bile de sticlă s-ar putea rostogoli de pe un vârf de munte ca să se oprească într-o vale, în peisajul teoriei corzilor un întreg univers embrionar se poate aşeza într-un loc, într-o stare de vacuum. Dar peisajul teoriei corzilor conţine un număr imens de variante de stări de energie de vacuum din care universul nostru ar fi putut să înceapă. În contextul descoperirii peisajului, noul mister este care anume energie de vacuum a ales universul nostru şi de ce a ales-o pe aceea?

Descoperirea unui peisaj al teoriei corzilor a însemnat că, în loc de *o* energie iniţială pentru *un* tip de

inflaţie Big Bang care a rezultat într-un singur univers, există o abundenţă de energii – multe Big Banguri potenţiale pentru a iniţia multiple universuri cvadridimensionale ca al nostru. În loc să explice o dată pentru totdeauna originea noastră, această abundenţă de energii potenţiale, miliarde şi miliarde de posibile energii de start până acum (aşa cum am ilustrat mai devreme în acest capitol), a oferit o multitudine năucitoare de origini posibile. Într-o exprimare simplă, un peisaj al teoriei corzilor oferă o vastă colecţie de energii iniţiale – de energii potenţiale Big Bang – capabile să iniţieze universuri multiple.

În mod neaşteptat, la începutul secolului XXI, teoria corzilor a dat o lovitură importantă viziunii simple a unui univers singular împachetat într-o teorie a tuturor lucrurilor. Prezicând un peisaj cu multe lumi posibile asemenea universului nostru, teoria corzilor a schimbat în mod neintenţionat teoria tuturor lucrurilor cu o teorie a multiversului, precipitând o criză majoră în fizică. Pentru cercetătorii din toată lumea, această descoperire a periclitat serios posibilitatea ca teoria corzilor să devină îndelung căutata teorie a tuturor lucrurilor.

Cu doar câţiva ani înainte, în a sa *Scurtă istorie a*

timpului[18], Stephen Hawking a rezumat dorinţa şi eforturile milenare de realizare a visului unui singur univers descris de teoria tuturor lucrurilor şi şi-a declarat susţinerea pentru această teorie parafrazându-l pe Sfântul Augustin: „Când a fost întrebat: «Ce făcea Dumnezeu înainte de a crea universul?», Augustin nu a răspuns: «Pregătea Iadul pentru cei care pun asemenea întrebări». În schimb, a spus că timpul era o proprietate a universului creat de Dumnezeu şi timpul nu exista înainte de începutul universului". Totuşi, în timp ce oamenii de ştiinţă căutau o teorie a tuturor lucrurilor şi un univers singular, descoperirea peisajului implica faptul că lumea fizicii era pe cale să se îndepărteze de ţelul ei şi să se afunde într-un infern înfiorător.

Fizica se pregătea pentru o schimbare de paradigmă, în urma căreia toate visurile legate de un univers singular împachetat într-o teorie a tuturor lucrurilor erau pe punctul de a fi spulberate. Era mult mai rău decât ciocnirile anterioare dintre teoreticienii fizicii cuantice, cum ar fi controversa aprigă dintre Einstein şi Bohr pe tema universului clasic determinist versus universul cuantic indeterminist; la un moment dat,

---

[18] Stephen W. Hawking, *Scurtă istorie a timpului. De la Big Bang la găurile negre,* traducere din limba engleză de Mihaela Ciodaru, Humanitas, Bucureşti: 2018 *(n.r.).*

când Einstein, cuprins de frustrare, a afirmat că „Dumnezeu n-a jucat zaruri când a creat universul”, Bohr a replicat: „Einstein, încetează să-i mai spui lui Dumnezeu ce să facă”.

Era exclus să se facă un pas înapoi, în afară de cazul în care s-ar fi renunţat cu totul la întreaga întreprindere a teoriei corzilor. În repetate rânduri, în teoriile noastre despre natură, de fiecare dată când întrebam „De unde venim?”, răspunsul era: „Dintr-un multivers”. Era explicabil că, pentru majoritatea oamenilor care lucrau în domeniul fizicii, premisa peisajului teoriei corzilor nu era altceva decât o criză în toată puterea cuvântului.

Mai mult, peisajul teoriei corzilor nu a venit cu un manual care să explice de ce unele dintre aceste universuri posibile ar putea fi mai bune sau mai potrivite decât altele. Se părea că oricare dintre lumile cvadridimensionale potenţiale din întreg bazinul de 10^600 era un candidat la fel de probabil pentru iniţierea universului nostru. Era ca o reluare a pisicii lui Schrödinger şi a paradoxului lui Everett. Pe deasupra, întrucât, îngrădiţi fiind de limita numită viteza luminii, nu puteam observa dincolo de orizontul propriului nostru univers, testarea şi demonstrarea acestei noi posibilităţi a multiversului părea fără speranţă.

Mai era ceva care făcea ca multiversul să-i sperie pe oamenii de ştiinţă: soarta lui Hugh Everett. Exemplul

lui oferea un memento tulburător privind riscul de a fi de partea unui scenariu de tip multivers al cosmosului.

Pentru majoritatea cercetătorilor din comunitatea fizicii teoretice, peisajul teoriei corzilor părea a fi cea mai rea dintre toate lumile.

Dar nu şi pentru mine.

Pentru mine, peisajul teoriei corzilor a sosit exact la momentul când toate experimentele mele mintale privind diferite puncte de start pentru diferite universuri fuseseră în întregime demontate de regulile entropiei şi de a doua lege a termodinamicii. Descoperirea peisajului teoriei corzilor a fost a treia ocazie în care o descoperire din fizică producea acelaşi răspuns la întrebarea „de unde venim?”

În mintea mea, posibilitatea multiversului nu mai putea fi ignorată.

7
Primul val

Şansa a făcut ca descoperirea peisajului teoriei corzilor a ieşit la lumină tocmai când începeam să-mi dedic cercetările în întregime creaţiei universului. În ianuarie 2004, când am ajuns la Universitatea de la Chapel Hill din Carolina de Nord, eram convinsă că, pentru a face cercetări semnificative privind originile

universului nostru, aveam nevoie de un rezervor de universuri embrionare din care să aleg. Totuşi, nu aveam nicio idee preconceptă legată de cum ar trebui să arate teoria finală a universului, aşa că mi-am început investigaţia despre originile universului fără să am habar unde mă va conduce.

Aveam totuşi o bănuială privind locul în care probabil că *nu* mă va duce – la o creştere a şanselor mele de titularizare. Sub presiunea deciziilor legate de titularizare, lectorii universitari lucrau mult peste program şi majoritatea decideau să se alăture domeniilor statornicite de cercetare, cum era, în domeniul meu, cosmologia postinflaţionistă. Animaţi de preocuparea pentru cariera mea ştiinţifică, mentorii mei m-au sfătuit să aleg această cale şi să evit să lucrez la probleme dificile de mare risc, cum ar fi crearea universului, măcar până la obţinerea titularizării. Ei mi-au recomandat să lucrez la subiecte mai convenţionale şi să mă alătur grupurilor numeroase de cercetare, conduse de personalităţi bine-cunoscute.

Având în vedere că doar circa 30% dintre absolvenţii studiilor doctorale reuşesc să-şi găsească un job în mediul universitar şi încă şi mai puţini sunt capabili să avanseze pe calea titularizării, aceste sfaturi erau menite să mă ajute să prosper în noua mea profesie şi să mă asigur că rămâneam în cadrul ei. Unii dintre

colegii mei din comunitatea mai largă a fizicii urmau în mod clar sfaturi similare. Ei vorbeau despre faptul că trebuie să fii atent să-ţi orientezi cariera din timp alăturându-te taberei „potrivite”, fără să deranjezi pe nimeni din tabăra „rivală”. Deşi am auzit despre consecinţele contrazicerii curentului dominant, tot nu puteam înţelege pe deplin de ce dezbaterea deschisă a ideilor cu alţi oameni de ştiinţă ar putea h considerată ca atac personal la adresa lor. Şi, într-adevăr, după ce mi-am găsit nişa în lumea fizicii, s-a dovedit că nu aşa stăteau lucrurile.

Hotărât lucru, eram întru totul conştientă că a te ocupa de subiecte riscante, care trec dincolo de limite, nu era un lucru înţelept din punct de vedere profesional. Nu trebuia decât să mă gândesc la tristul exemplu al lui Hugh Everett ca să înţeleg asta. Dar devenisem fizician teoretician tocmai pentru că eram fascinată de probleme ca începutul şi sfârşitul universului şi deja îmi dedicasem tot timpul liber acestor subiecte încă dinainte de a ajunge la UNC. Mi s-a părut foarte greu să rezist atracţiei faţă de ceea ce îmi stârnise din capul locului interesul pentru ştiinţă.

Când am avut ezitări în privinţa unei decizii importante, întotdeauna am ales varianta pe care să n-o regret ulterior. Iar când am ajuns la UNC Chapel Hill am ştiut că, dacă nu voi lucra la originile universului,

s-ar putea să regret pentru tot restul vieţii. Aşa încât acesta a fost domeniul de cercetare pe care l-am ales.

Ca să-mi justific logic alegerea foarte nepractică, mi-am spus că, dacă aş fi fost o persoană pragmatică, aş fi ales de la bun început să-mi desfăşor activitatea într-o profesie mai lucrativă; n-aş fi ales niciodată să devin profesor de fizică. Pe lângă asta, în lumina experienţelor mele din copilăria petrecută în Albania, decizia de a cerceta creaţia universului nu mi se părea un act deosebit de curajos. Din câte ştiam, în perioada modernă, niciun cap nu căzuse în Occident pentru propunerea unor idei noi şi oricine era liber să-şi exprime opiniile – chiar dacă făcând asta mai călca pe câte cineva pe bătături.

În mare parte datorită trecutului meu, aveam tendinţa de a-mi proteja libertatea de a gândi. În acelaşi timp, această libertate părea a fi un fel de piatră unghiulară a ştiinţei. În definitiv, examinată într-o anumită lumină, întreaga istorie a ştiinţei este o luptă continuă şi nesfârşită de punere sub semnul îndoielii şi îmbunătăţire a ideilor care anterior fuseseră venerate drept „înţelepciune tradiţională" sau „adevărul final" asupra unui subiect. Şi, la fel ca magia care însufleţeşte muzica lui Beethoven chiar şi după sute de ani de când a compus-o, ideile ştiinţifice bune, originale (care sunt puţine şi bine distanţate în timp) supravieţuiesc în final

celui mai dificil dintre toate testele: testul timpului.

M-am pregătit pentru eventualitatea în care aş fi dat greş. De fapt, întregul domeniu al fizicii teoretice te pregăteşte să faci faţă dezamăgirilor şi eşecului. Pentru fizicienii teoreticieni, un scenariu favorabil este unul în care *doar* nouă din zece idei de-ale tale sunt greşite – şi chiar şi atunci, cei mai mulţi dintre noi nu ştim că am avut dreptate în o zecime dintre situaţii, pentru că ocaziile pe care fizicienii teoreticieni le au la dispoziţie pentru a-şi testa observaţional ideile noi sunt rare.

Dar acolo unde observaţiile dau greş, examinarea critică a colegilor de breaslă sare în ajutor. Comunitatea fizicienilor teoreticieni funcţionează ca o familie extinsă. Legătura dintre membri nu se bazează pe sânge, ci pe un respect profund faţă de ideile altora. Desigur, ca în orice familie, respectul trebuie câştigat prin trudă – în cazul nostru, prin contribuţii la idei revoluţionare şi progresul cunoaşterii. În acest scop, verificăm cu atenţie, criticăm şi muncim din greu ca să sesizăm deficienţele de logică din ideile colegilor noştri, precum şi din ale noastre. Chiar dacă ne demontăm fără milă unii altora raţionamentele, rămânem uniţi de urmărirea în comun a aceluiaşi obiectiv: să aflăm răspunsul adevărat la misterele naturii.

Când am ajuns să cunosc cultura noii mele familii academice, mi-am dat seama că, pentru a-mi desfăşura cu meticulozitate investigaţia privind originile universului, trebuie ca mai întâi să acord o consideraţie serioasă şi susţinută conceptului de univers unic şi să înţeleg întru totul motivele pentru care comunitatea ştiinţifică respinsese în mare parte ideea de multivers.

Mă tot întorceam asupra argumentelor în favoarea unui singur univers, uneori în timpul plimbărilor pe cărările şi străzile încinse din Chapel Hill (Carolina de Nord), însoţită de şerpi, căprioare, păsări frumoase şi insecte şi păianjeni, vieţuitoare pe care, până să ajung la UNC, le văzusem doar în filme. (Eram unul dintre foarte puţinii oameni care se duceau şi se întorceau pe jos la şi de la muncă. Localnicii se opreau adesea din drum şi plini de amabilitate se ofereau să mă ducă cu maşina. Trebuie că li se părea ciudat că eram hotărâtă să merg pe jos la universitate, indiferent de cum era vremea. Dar după ce aflau că sunt fiziciană păreau să accepte aceste plimbări ca pe un comportament „normal”.)

După cum ştiam deja şi aşa cum am văzut mai sus, convingerea profundă legată de un univers singular guvernat de o singură teorie era solid ancorată în tradiţie. Dar atractivitatea ei mai avea şi alte aspecte. Concepţia privind universul unic domina gândirea

contemporană şi o teorie unificată era Sfântul Graal al fizicii deoarece oamenii de ştiinţă, printre care mă număr şi eu, doreau simplitate şi testabilitate în teoriile pe care le construiau ca să explice universul.

Pentru a aprecia influenţa pe care o exercită aceste valori, să considerăm inflaţia cosmică. Bazându-se pe o singură supoziţie, energia potenţială a inflatonului, inflaţia cosmică a explicat în manieră elegantă principalele caracteristici observate în universul nostru; la fel de important este faptul că predicţiile sale privind planeitatea, omogenitatea şi uniformitatea structurilor din univers sunt testabile.

Prin contrast, studiul multiversului a rămas aproape tabu deoarece oamenii de ştiinţă erau convinşi că multiversul nu poate fi testat sau observat independent. Teoria gravitaţională a lui Einstein se baza pe postulatul potrivit căruia nimic, dar absolut nimic nu se poate deplasa mai repede decât lumina în univers. Observăm obiecte – de exemplu, stele – trimiţând şi recepţionând semnale luminoase. Orizontul universului nostru, care se află la doar circa 10^(27) centimetri de Pământ (1 urmat de 27 de zerouri), este definit ca distanţa cea mai mare până la care lumina din univers se poate deplasa şi să se întoarcă la noi. Limita legată de viteza luminii nu ne va permite să facem schimb de semnale luminoase dincolo

de orizontul universului nostru în multivers ca să observăm ce se află dincolo de „marginea” sa. Dacă existenţa multiversului nu poate fi testată sau observată, credeau oamenii de ştiinţă, atunci acesta nu poate constitui o teorie ştiinţifică. Era un aspect pe care îl apreciam pe deplin. Pe de altă parte, scenariul universului unic suferea şi el de partea lui de probleme insurmontabile, multe dintre ele legate de a doua lege a termodinamicii, aşa cum am descris în capitolele precedente.

În consecinţă, m-am numărat printre foarte puţinii fizicieni care s-au arătat încântaţi când, în 2004, cam în timp ce eu soseam la UNC Chapel Hill, descoperirea privind peisajul teoriei corzilor şi-a luat zborul. Spre deosebire de teoreticienii corzilor, care se străduiau să reducă matematic sau să compacteze dimensiunile suplimentare în scopul de a produce un univers unic, eu abordam această problemă ca un cosmolog. Căutând un răspuns la două întrebări foarte specifice – ce anume a iniţiat naşterea universului şi ce a fost acolo în perioada de dinainte de timpul nostru? – m-am convins prin diferite experimente mintale că acest mister va căpăta sens numai dacă am avea un *rezervor de* origini posibile din care să alegem, împreună cu energiile iniţiale cu care să le umflăm. Acest rezervor de origini posibile este cunoscut în cosmologie ca

„spaţiul stărilor iniţiale ale universului”, şi până la descoperirea peisajului teoriei corzilor fusese un spaţiu abstract şi ipotetic al posibilităţilor.

Până în acel moment, rezervorul de energii pe care îl foloseam era doar o posibilitate abstractă. Şansa a făcut ca descoperirea peisajului teoriei corzilor să-mi ofere exact rezervorul de stări iniţiale ale universului de care aveam nevoie: o mulţime de energii reale derivate dintr-o teorie subiacentă.

În viziunea mea, descoperirea peisajului nu a fost nici pe departe un dezastru. Mie mi s-a părut că este cea mai bună veste pentru orice teorie care încearcă să explice originea universului şi ce a fost acolo înainte. Cu ajutorul acestei descoperiri, puteam acum să calculez probabilitatea originilor noastre folosind peisajul teoriei corzilor ca spaţiu fizic al stărilor iniţiale potenţiale pentru universul nostru. Iar această derivare a unui răspuns m-a condus către un multivers.

Descoperirea peisajului teoriei corzilor a deschis pentru mine noi orizonturi intelectuale. Dar rămânea o provocare formidabilă: Cum puteam să stabilesc o legătură între un obiect fizic – un lucru care există într-un spaţiu-timp real, ca universul nostru – şi peisajul teoriei corzilor, un spaţiu abstract al energiilor obţinut dintr-o lume 11-dimensională? La prima

vedere, cele două păreau incompatibile. Dar bănuiam că legătura subiacentă dintre universul nostru şi peisaj se afla undeva la intersecţia dintre teoria corzilor şi teoria cuantică.

Apoi, într-o bună zi, piesele acestui puzzle au început să se asambleze.

Când mi-a venit ideea, stăteam într-o cafenea din Chapel Hill. Îmi place să lucrez în cafenele; la fel ca plimbările mele lungi, şederea în cafenele îmi dă multe ore de concentrare nestingherită şi timpul de gândire de care am nevoie ca să mă detaşez de mediul înconjurător şi să mă las complet absorbită de problema din mintea mea. Oriunde aş locui, barmanii ajung în scurt timp să-mi cunoască obiceiurile şi dragostea pentru espressourile lungi, iar rumoarea colectivă anonimă a unei cafenele mă distrage mai puţin decât un birou liniştit la uşa căruia bat frecvent colegi sau studenţi.

Priveam afară pe geam, trecând în revistă argumentele din mintea mea, când o idee şi-a făcut loc printre ele: *mecanica cuantică peste peisajul teoriei corzilor.*

„Da, desigur!" mi-am zis. Pune două adevăruri laolaltă ca să produci o singură perspectivă mai largă.

Am început cu ideea universului nostru embrionar ca un obiect minuscul, de tip particulă. Asta însemna că îi puteam aplica mecanica cuantică. Aşa cum am

sugerat anterior, mulţumită dualităţii undă-particulă din mecanica cuantică (despre care am vorbit în detaliu în Capitolul 3), mă puteam gândi la universul nostru embrionar nu doar ca la o particulă cuantică, ci şi ca la un fascicul de unde strâns unite într-un pachet de unde care să semene cu o particulă. Aceste pachete de unde sunt ramurile funcţiei de undă a universului cu care ne-am întâlnit anterior.

În această etapă, legătura dintre ceea ce păreau a fi două subiecte incompatibile – un univers fizic care există într-un spaţiu şi un timp reale şi un rezervor de energii existente într-un peisaj al teoriei corzilor – a devenit clară. *Să lăsăm această funcţie de undă a universului să treacă printr-un lanţ de energii din peisaj,* mi-am zis. *Să aflăm cum şi unde aceste universuri-undă (1) îşi iau energia din peisaj, (2) trec prin Big Bangurile lor individuale şi se îndreaptă, astfel, (3) spre dezvoltarea de universuri fizice în spaţiu-timp.*

Era o idee simplă: exprimând universul embrionar ca un pachet de unde care străbate peisajul teoriei corzilor, puteam să folosesc ecuaţiile cuantice ca să aflu în ce stare de energie se va stabiliza în toiul acelei vastităţi. Mai mult, familia de soluţii, derivate din ecuaţia de tip Schrödinger, pentru toate ramurile funcţiei de undă a universului, furniza informaţii directe privind probabilitatea existenţei lor. În

mecanica cuantică, probabilitatea pentru fiecare soluţie a pachetelor de undă (sau ramurilor) ale funcţiei de undă este direct proporţională cu pătratul respectivei soluţii. Era în esenţă un „experiment” matematic, la fel cum cineva ar putea efectua un experiment ca să afle ce se întâmplă cu o mână de bile de sticlă dacă le lăsăm să se rostogolească în josul unei coaste muntoase. Starea de energie pe care o căutam era valea în care bila mea de tip particulă cuantică avea să ajungă. În cele din urmă, aceste soluţii ale funcţiei de undă a universului şi energiile de vacuum în care se stabileau aceste ramuri îmi vor permite să calculez probabilitatea pe care funcţia de undă a universului trebuie s-o selecteze drept energie iniţială asemenea celei care a dus la naşterea universului nostru.

Am scris cuvintele *MC peste peisaj* pe un bileţel în semn de aducere aminte – nu că ar fi fost vreun pericol ca eu să uit. Apoi am decis că muncisem destul pentru acea zi. Când puneam deoparte o vreme câteva idei mâzgălite pe hârtie, mă ajuta să mă detaşez de ele. Ulterior, mă întorceam la ele cu ochi şi minte proaspete şi astfel reuşeam să sesizez mai bine gafele sau deficienţele din logica sau din calculele mele.

Înainte să-mi strâng însemnările şi să mă îndrept spre casă, am ieşit la o ţigară. În perioadele de concentrare intensă, în clipele de frustrare sau anticipare, când sunt

pe cale să rezolv o problemă, dar încă n-am ajuns acolo, iau pauze scurte în aer liber. Acestea mă ajută să-mi limpezesc mintea şi să asamblez fragmentele unei idei într-o manieră semnificativă. În mod paradoxal, ţigările erau pretextul meu ca să ies la aer curat. Începusem să fumez cu ani în urmă – în acea noapte din Tirana, de fapt, când mă uitam la colegii de clasă şi la prietenii mei cățărându-se pe gardurile ambasadelor străine ca să fugă din Albania. Nu i-am mai văzut şi nici n-am mai auzit vreodată despre ei. Aşa cum n-am reuşit nici să mă las de fumat decât de puţin timp. În Chapel Hill, ţigările şi muzica clasică mi-au fost ani de-a rândul companioni zilnici.

În timp ce stăteam afară şi încercam să vizualizez ideea, monologul meu interior nu înceta defel. *Totul e atât de frumos,* îmi ziceam, *şi atât de simplu. De ce mi-a luat atât de mult timp ca să-l văd?*

Nu, – nu poate fi atât de simplu! Ce îmi scapă?

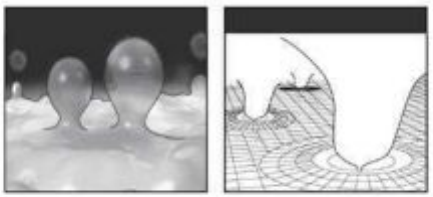

Figura 11. O vizualizare a tranziției de la universurile-undă stabilizându-se pe vacuumurile de energie ale peisajului la universurile fizice inflaționiste care există în spațiu-timpul real.

Pare atât de evident. Cu siguranţă că şi alţii s-au

gândit la ea şi au hotărât că nu funcţionează.

Trebuie să fie greşit... sau o tâmpenie... ori ambele. Dar de ce nu pot să văd ce e greşit aici?

Astea erau gândurile care mi se învălmăşeau în minte în timp ce stăteam în faţa cafenelei.

Când m-am întors înăuntru şi mi-am strâns notiţele, nu m-am putut abţine să mai arunc o privire la însemnările pe care le făcusem. Dintr-odată toate ecuaţiile au început să se lege. Acum vedeam cum această idee mă va duce spre răspunsul la misterul privind naşterea universului. Îmi va permite să deduc probabilitatea originii universului nostru şi astfel să evit mlaştina în care Penrose aruncase şansa noastră de a exista.

Peisajul era exact punctul de start de care aveam nevoie. Şi, folosind regulile cuantice pentru a calcula răspunsul în loc doar să-l postulez, aveam în sfârşit o modalitate de a conecta peisajul teoriei corzilor cu originea universului nostru.

Un aspect important: pasul conceptual al unei funcţii de undă a universului peste energiile peisajului însemna că puteam contopi cele două piste paralele ale teoriei cuantice cu teoria gravitaţională, întrucât universul nostru era o undă cuantică umplută cu energie până în urmă cu 13, 8 miliarde de ani, când a explodat într-un univers fizic guvernat de forţele

gravitaţionale puternice ale acestei energii.

Obosită şi surescitată, am plecat acasă. Era târziu, dar trebuia să-i spun cuiva ce descoperisem. Aşa că i-am sunat pe cei mai mari admiratori ai mei: soţul meu (care lucra în străinătate şi eram în fusuri orare diferite) şi apoi pe tata. Amândoi ştiau la ce lucram, iar eu ştiam că, indiferent de ce oră era la ei, nu se vor supăra să asculte această nouă demonstraţie.

Mai întâi, plină de însufleţire, i-am explicat ideea soţului meu. Şi apoi i-am sunat pe părinţii mei.

— Tată, am spus când a răspuns, mai ţii minte când stăteam treji noaptea şi ascultam muzică clasică la Radio Tirana?

— Da, sigur că mai ţin minte, mi-a spus.

— Tată, cred că am rezolvat problema.

— Cum? a răspuns tata.

O auzeam pe mama protestând de lângă el: „Vreau să vorbesc cu fata mea. E şi fata mea, să ştii”. Tata mi-a zis:

— Vorbeşte cu maică-ta mai întâi.

Şi ştiam că are dreptate. Mama fusese diagnosticată cu cancer în urmă cu un an şi tocmai terminase chimioterapia, care reuşise să oprească evoluţia cancerului. Dar toată familia noastră se purta cu multă delicateţe cu ea. Mama a reuşit să ia receptorul de la tata.

— Alo, ce mai faci, draga mea?

Dar, înainte să poată continua, am spus:

— Mamă, îmi pare tare rău, dar, te rog, e ceva important şi n-am terminat. Poţi să mi-l dai din nou pe tata?

I-am relatat apoi totul pe nerăsuflate. Tata a spus:

— Hmm, iar eu ştiam că asta însemna că tata se concentrase pe fiecare cuvânt rostit de mine şi se gândea. După care, a spus:

— Vorbeşte cu maică-ta. I-a fost dor de tine.

De data asta, disperată, am protestat:

— Dar, tată, trebuie să-mi spui ce părere ai? Crezi că e o prostie totală?

— Nu... frumoaso, a spus el. Apoi i-am auzit pe amândoi spunând la unison: Când vii să ne vezi?

Dorul din vocile lor mi-a stăruit în minte până am ajuns acasă.

Am intrat în casă şi m-am dus direct în dormitor şi tocmai stingeam lumina când am auzit o bătaie în uşa de la intrare.

Nu aşteptam pe nimeni. Ciocănitul s-a intensificat şi m-am speriat puţin. Un coleg de serviciu mă hărţuia şi mă ameninţa zilnic – ceva care, din păcate, este o experienţă de rutină pentru femeile care au ales o carieră ştiinţifică. I-am ignorat toate ameninţările şi avansurile, respingându-le ca pe un lucru neplăcut,

ceea ce l-a făcut pe acest personaj să mă poreclească „Maiestatea Sa”.

Ciocănitul în uşă a devenit şi mai insistent şi nu se oprea. Apoi am văzut o siluetă pe verandă şi am auzit bătăi şi mai zgomotoase la uşa din sticlă a verandei.

Am sunat la 911. După câteva minute, a venit poliţia şi am deschis uşa.

Poliţistul stătea acolo şi ţinea un buchet frumos şi mare de flori exotice.

— Astea sunt pentru dumneavoastră, a spus el. Bărbatul care a bătut la uşă şi la geam încerca să-şi ducă la bun sfârşit ultima livrare de flori de astăzi.

I-am mulţumit şi mi-am cerut scuze, iar el mi-a spus:

— Mai bine să fiţi în siguranţă decât să vă pară rău – aţi făcut ceea ce trebuia.

Florile erau de la soţul meu. Am început să râd. Cumva, reuşisem să implic poliţia din Chapel Hill într-o problemă ştiinţifică importantă.

8
În multivers

Pentru mine, să practici ştiinţa fără matematică este de neconceput. Matematica este limbajul unificator al universului, este limba în care sunt scrise legile naturii – sau, după cum a spus Galileo Galilei: „Matematica

este limba în care Dumnezeu a scris universul".

Am să vă scutesc de descrierea completă a aparatului matematic pe care l-am folosit, dar o să reconstitui pe scurt călătoria pe care am întreprins-o în timp ce ideea mea germina. În cadrul acestui proces, sper să vă împărtăşesc o parte din frumuseţea ascunsă în respectivul aparat matematic.

Aşa cum am văzut în contextul peisajului teoriei corzilor, în fizică, o mulţime de multe începuturi posibile este cunoscută în general sub denumirea de „spaţiu al stărilor iniţiale". Dacă vorbim despre universuri, fiecare dintre aceste stări iniţiale poate produce un univers, deşi aproape sigur nu toate ajung să producă. În cazul meu, mulţimea energiilor prezentate în peisajul teoriei corzilor mi-a oferit spaţiul stărilor iniţiale pe care puteam să-mi efectuez calculele.

Eram conştientă că, dacă începeam cu un rezervor de începuturi multiple, mi se deschidea uşa spre posibilitatea universurilor multiple – un multivers. Dar în loc să presupun acel rezultat de la început, am vrut să calculez şi să compar probabilităţile individuale de succes pentru fiecare dintre aceste stări iniţiale. Poate că răspunsul avea să fie că toate aceste stări, exceptând una, aveau zero şanse de a provoca naşterea unui univers. Sau poate că era posibil ca multe dintre ele să-şi producă propriile lor universuri. Dar n-aveam de

unde să ştiu până nu mă apucam să fac calculele.

Dacă din calcule reieşea că doar un singur univers a luat naştere, atunci eram mulţumită să conced că trebuia să găsim o cale diferită de abordare a problemei serioase ridicate de afirmaţia lui Penrose, potrivit căreia universul nostru aproape că n-a avut nicio şansă să existe. Dar dacă acele calcule demonstrau că multe dintre aceste stări iniţiale erau capabile, fiecare, să producă un univers – dacă asta conduce la imaginea cosmosului în care universul nostru este aproape la fel de neremarcabil ca un grăunte de nisip pe o plajă –, atunci eu şi restul comunităţii de fizicieni trebuia să începem să considerăm universul nostru ca făcând parte dintr-un multivers, cu toate implicaţiile extraordinare, în stilul lui Everett, care veneau odată cu asta.

De acolo mintea mea a trecut la tipul de matematică necesar pentru o implementare deplină a ideii mele şi un plan pentru următorii paşi pe care trebuia să-i fac. Ecuaţiile pe care trebuia să le rezolv pentru funcţia de undă a universului care se propagă prin vastul peisaj de energii al teoriei corzilor erau foarte complicate. Însă, dacă cumva reuşeam să efectuez aceste calcule, atunci estimarea şansei ca universul nostru să existe era simplă: probabilităţile pentru ca fiecare univers posibil să înceapă pe peisaj erau date pur şi simplu de pătratul

respectivelor soluţii pentru pachetele de unde. După ce aflam aceste soluţii, puteam prin comparaţie să găsesc care dintre universurile embrionare, dintre toate variantele noastre, avea cea mai mare probabilitate să fi supravieţuit creaţiei şi să se „expandeze”. Şi poate că, în sfârşit, puteam să rezolv întrebarea dacă probabilitatea ca un univers ca al nostru să ia naştere din această structură era mai mare sau nu în comparaţie cu alte universuri posibile.

A doua zi, am început calculele. Era o întreprindere dificilă; matematica implicată era foarte complexă şi necesita multă muncă. Trebuia să urmăresc evoluţia tuturor ramurilor funcţiei de undă a universului în timp ce se împrăştiau prin toată structura complicată a energiilor din peisaj. Dar entuziasmul care mă cuprinsese mă făcea să trec peste dificultatea problemei. Dacă funcţiona, această abordare ar fi dezvăluit cum interacţiunea dintre forţele cuantice şi forţele gravitaţionale poate explica (în loc de a postula) originea universului nostru – şi, foarte posibil, apariţia lui din multivers.

Departe de a fi ajuns la finalul poveştii cosmice, aveam sentimentul că, în multe privinţe, expediţia cosmologică în funcţionarea universului abia începuse. Ştiinţa era pe cale să facă un alt salt, de data asta

dincolo de graniţele universului nostru şi înapoi în timp până în clipa creaţiei sale. Aşteptând acolo, ascunsă în crăpăturile fundaţiei convingerilor noastre, se afla fantoma lui Everett – şi, aşteptând alături de el, însăşi teoria multiversului.

Acest salt ştiinţific, aşa cum mi l-am imaginat, a fost sintetizat în acea sintagmă care mi-a venit în minte când eram la cafenea: *mecanica cuantică peste peisajul teoriei corzilor.* Iar teoria pe care o construiam pe baza ei avea să fie denumită teoria privind originea universului din multiversul peisajului cuantic sau, pe scurt, multiversul peisajului cuantic. Până în ziua de astăzi, este una dintre creaţiile de care sunt cel mai mândră.

Pentru a arăta cum am ajuns la o teorie a multiversului peisajului cuantic în timp ce încercam să înţeleg originea improbabilă a universului nostru, trebuie să pătrund mai adânc în ştiinţa implicată în calcularea şi deducerea răspunsului. Pentru început, teoria mea privind originea universului din multiversul peisajului cuantic se baza pe tratarea întregului univers ca un pachet de unde cuantice.

Ştim cu certitudine că în primul său moment universul nostru era cam de câteva lungimi Planck – mai mic decât cea mai mică particulă cuantică pe care o cunoaştem. M-am gândit că acest fapt justifica ideea

mea de a aplica teoria cuantică la întregul univers atunci când am considerat că universul nostru embrionar este o ramură a funcţiei de undă a universului.

Dacă funcţia de undă a universului este un fascicul de unde – conţine ramuri individuale ale pachetelor de unde cuantice, fiecare dintre acestea având potenţialul de a da naştere unui univers –, atunci este probabil că acesta va genera mai multe lumi mai degrabă decât una singură. Pornind de la dualitatea undă-particulă din mecanica cuantică, avem voie să considerăm aceste ramuri ale funcţiei de undă a universului fie ca fascicule de unde, fie ca un fascicul de particule cuantice.

În continuare, să-i permitem funcţiei de undă a universului (cu toate ramurile sale) să se deplaseze liber în peisajul teoriei corzilor şi să vedem ce se întâmplă.

Deocamdată, imaginea emergentă a multiversului din funcţia de undă a universului părea apropiată de spiritul interpretării lumilor multiple a mecanicii cuantice propuse de Everett. Dar nu pentru mult timp. Prima mea încercare de a rezolva ecuaţiile cuantice care îmi vor permite să găsesc ce stare de energie a ales universul nostru din peisaj a produs un rezultat surprinzător.

Pentru a înţelege intuitiv această situaţie, să ne gândim la bilele de sticlă pe care gaşca noastră de fizicieni le-a rostogolit fără intenţie pe relieful accidentat al munţilor şi văilor din Munţii Stâncoşi (sau din Lake District, în funcţie de preferinţe). Ştim deja că bilele s-au rostogolit până când s-au stabilit în punctele cele mai joase posibil din văi.

Asemenea contururilor energiei potenţiale gravitaţionale terestre pe un lanţ muntos, peisajul teoriei corzilor are propriile sale văi de energie – un întreg peisaj de vacuumuri. Peisajul corzilor are miliarde de văi de energie, vacuumuri ale căror adâncimi sunt repartizate aleatoriu, mergând de le energii joase la energii înalte. Ştim ce înseamnă cuvântul „vacuum”. Dar în lumea dimensiunilor cuantice a teoriei corzilor, mai ales în lumea peisajului teoriei corzilor compactate de la unsprezece la patru dimensiuni, un vacuum nu este gol. Mai degrabă este starea implicită sau stabilă – este punctul în care bila noastră teoretică poate încet să se rostogolească.

Aceste lanţuri aproape nesfârşite de vacuumuri sunt ceea ce furnizează un peisaj de energii potenţiale pe care se pot aşeza ramurile funcţiei de undă. Aşadar, dacă folosim în continuare analogia cu bilele de sticlă, peisajul de văi energetice este asemenea potenţialului gravitaţional al unui peisaj muntos clasic al

fizicianului. Bilele sunt ramurile universurilor-undă sau, echivalent (folosind dualitatea undă-particulă), un fascicul de particule cuantice în funcţia de undă a universului care încearcă să se deplaseze prin acest relief. În timp ce aceste universuri-undă se deplasează prin peisaj, ele eşantionează energiile diferitelor văi din peisaj pe care ar putea în cele din urmă să se stabilească.

În locul exemplului cu bilele care se rostogolesc pe pantele munţilor ca să se aşeze într-o varietate de văi, poate că un exemplu mai util în ilustrarea a ceea ce lipsea din gândirea mea anterioară – şi din ideea care mi-a venit în cafenea – ar fi analogia dintre funcţia de undă a universului care se deplasează prin peisajul teoriei corzilor şi un sistem cuantic cu care suntem mai familiarizaţi: un fascicul de electroni care se mişcă printr-un cablu lung, bun conductor de electricitate.

Aşa cum e înţeleasă din perspectivă cuantică, o bucată de cablu este de fapt un lanţ lung de miliarde de atomi şi fluxuri de electroni care încearcă să se deplaseze prin acel lanţ fără a rămâne blocaţi în vreun loc atomic. În acest caz, ramurile funcţiei de undă a universului sunt ca fasciculul de electroni care încearcă să se deplaseze de-a lungul atomilor care alcătuiesc acel cablu, cu văile energetice corespunzând energiilor electrice potenţiale conţinute în acel lanţ de atomi

individuali ai cablului. Dacă avem o bucată de cablu perfect, curat (un conductor perfect), făcut din atomi identici, situaţi la distanţe identice şi fără impurităţi sau bule de aer, atunci electricitatea este condusă uniform prin tot cablul, ceea ce înseamnă că niciunul dintre electroni nu rămâne blocat în interiorul cablului. Toţi electronii călătoresc cu succes de la un capăt la celălalt fără nicio pierdere, şi astfel avem un curent electric perfect. (în realitate, cablurile nu sunt perfecte. Ele pot conţine impurităţi sau bule de aer. Unii dintre electronii fasciculului pot rămâne blocaţi în lanţul impur şi nu ajung niciodată până la capăt. În acest caz, curentul electric va suferi o pierdere, întrucât mai mulţi electroni intră în cablu decât ies din acesta.)

În analogia noastră, lanţul de atomi dintr-un cablu perfect corespunde unui lanţ regulat sau periodic de vacuumuri energetice de peisaj, în care toate vacuumurile au aceeaşi energie. Dar un astfel de peisaj perfect ordonat al energiilor este pentru noi o veste foarte proastă dacă încercăm să obţinem universuri din ele. Iată de ce. Dacă comparăm electronii care trec prin cablu cu funcţia de undă a universului care trece prin peisaj, atunci a avea o conducţie perfectă de pachete de undă cuantice înseamnă că acestea se pot deplasa prin tot peisajul fără să rămână vreodată blocate în vreuna dintre văile energetice. Dacă niciunul dintre pachetele

de undă nu este constrâns să se aşeze peste oricare dintre văile energetice ale peisajului din care să extragă suficientă energie iniţială pentru Big Bang ca să declanşeze un univers, atunci nu se va dezvolta niciun univers real. Un peisaj ordonat cu un lanţ de vacuumuri periodice identice este pustiu – arată ca un deşert plat, uniform.

Şi astfel, pasul meu final în aşezarea mecanicii cuantice în peisaj – la fel cum am făcut anterior când ne-am imaginat bilele de sticlă rostogolindu-se în josul unui munte şi la fel cum fac fizicienii când studiază comportamentul cuantic al electronilor care trec printr-o lungime de cablu – era să rezolv ecuaţia cuantică, o ecuaţie de tip Schrödinger care descrie modul în care o undă sau o particulă cuantică se mişcă sub influenţa unei forţe externe (energie potenţială) şi probabilitatea ca particula să o ia pe o anumită traiectorie de mişcare. Puteam folosi aceste ecuaţii ca să aflu ce se întâmplă cu funcţia de undă a universului când se deplasează de-a lungul unui „cablu impur" – peisajul cu văi de energie potenţială împrăştiate aleatoriu.

Când este aplicat funcţiei de undă a universului, formalismul cuantic capătă denumirea de cosmologie cuantică. Este o versiune avansată a teoriei cuantice obişnuite, dar se ocupă de mişcarea undelor în spaţii

abstracte, cum ar fi spaţiul energiilor peisajului, în loc de mişcarea particulelor cuantice prin spaţiu-timpul real compus din lungime, lăţime, înălţime şi timp.

Cosmologia cuantică oferă un set de ecuaţii şi reguli care descriu ce se întâmplă cu funcţia de undă a universului care se propagă în spaţii abstracte, cum ar fi spaţiul de energii al peisajului, şi modul în care din aceste unde şi energii iniţiale este ejectat un univers real într-un spaţiu-timp fizic. Unul dintre părinţii săi fondatori este Bryce Dewitt, acelaşi om de ştiinţă care i-a luat apărarea lui Everett (şi care i-a schimbat denumirea stângace de „funcţie de undă universală a universului" în „interpretarea de tip lumi-multiple a mecanicii cuantice"). Celălalt este John Wheeler, care a fost mentorul lui Everett. Ecuaţia cuantică din care se obţin probabilităţile pentru funcţia de undă a universului este cunoscută ca ecuaţia Wheeler-Dewitt.

În cosmologia cuantică, ecuaţia Wheeler-Dewitt este echivalentul ecuaţiei Schrödinger din mecanica cuantică obişnuită. Iar prin folosirea unei funcţii de undă a universului asupra peisajului, înseamnă că fasciculul de ramuri dă naştere unei mulţimi de universuri în aceeaşi manieră ca în multiversul lumilor multiple propus de Everett. Cu alte cuvinte, teoria lumilor multiple a lui Everett este înglobată în această teorie.

Aplicând ecuaţia Wheeler-Dewitt şi regulile probabilităţilor cuantice la ideea mea de funcţie de undă a universului care se propagă prin peisajul teoriei corzilor, am putut să deduc modul în care a fost selectat universul nostru şi care stare de energie din peisaj a fost aleasă pentru Big Bangul său. Sau cel puţin aşa credeam pe atunci. Aşa cum a reieşit, matematica a fost mai dificilă decât am anticipat.

Oricât de ademenitor ar fi fost conceptul care mi-a răsărit în minte când eram la cafenea, mecanica soluţiilor era excepţional de complicată. După cum e uşor de imaginat, un peisaj cu 10^600 văi în care universul nostru s-ar putea stabili însemna că matematica necesară era înfiorătoare. Am avut de ales. Puteam să fac câteva supoziţii brute pentru simplificarea peisajului – de exemplu, să-i reduc dimensiunea astfel încât să conţină doar două văi de energie în loc de câteva bilioane, caz în care ecuaţia devine mai uşor de mânuit şi poate fi rezolvată de mână – sau puteam încerca să rezolv ecuaţia reală, fără simplificări şi conţinând toate cele 10^600 viduri, oricât de mult mi-ar fi luat asta.

Am bănuit că era posibil ca ecuaţii similare să fi fost rezolvate înainte de fizicienii care se ocupau de materia condensată, cei care studiază materiale precum bucata

de cablu cu electroni. Aşa că m-am consultat cu colegii de la UNC care lucrau în domeniu şi mi-am petrecut următoarele şase luni urmând un curs intens de fizica materiei condensate. M-a ajutat să înţeleg şi să identific structuri similare din punct de vedere matematic în peisajul teoriei corzilor, care există în materia condensată sub forma unor materiale exotice, cum ar fi „puncte cuantice" şi „sticla de spin". Din fericire, metodele matematice complicate (ca teoria matricelor aleatorii, cu care cititorii avansaţi ar putea fi familiarizaţi) pentru rezolvarea acestor tipuri de probleme fuseseră elaborate în detaliu de cercetătorii din domeniul materiei condensate.

Intuiţia mea s-a dovedit a fi corectă. Când mi-am încheiat ocolul prin fizica materiei condensate, am reuşit în sfârşit să rezolv ecuaţia pentru funcţia de undă a universului pe un peisaj adevărat şi neabreviat al teoriei corzilor. Dacă aş fi ales calea mai uşoară şi aş fi simplificat peisajul la doar două văi de energie, răspunsul pe care l-aş fi obţinut ar fi fost greşit.[19]

Unul dintre aspectele esenţiale ale soluţiei mele este faptul că energiile din vacuumurile peisajului se găsesc

---

[19] În unele părţi ale acestui proiect, am invitat un excelent om de ştiinţă şi un colaborator minunat, Archil Kobakhidze, care în acel moment era colegul meu la studiile postdoctorale, iar acum este profesor de fizică la Universitatea din Melbourne, să-şi unească forţele cu mine. Examinarea atentă şi munca lui intensă au constituit o parte esenţială a eforturilor mele *(n. a.)*.

în tot felul de dimensiuni şi distanţe diferite. Cu alte cuvinte, peisajul nu arată deloc ca un deşert plat şi uniform; este plin de vârfuri, văi şi dealuri. Mai mult, distribuţia tuturor acestor caracteristici asimetrice este neregulată; este dezordonată, complet diferită de „cablul nostru perfect”. Această dezordine s-a dovedit a fi crucială.

Pentru a vizualiza ce se întâmplă într-un peisaj dezordonat, să ne întoarcem la exemplul cu electronii care trec printr-un cablu. Dacă în locul unui cablu perfect avem un cablu făcut dintr-un material izolator, un material plin de impurităţi şi dezordine (de exemplu, sticla), atunci energiile din lanţul său de atomi sunt şi ele neregulate şi dezordonate. Electronii nu pot străbate complet materialul; rămân blocaţi. Din acest motiv aceste materiale sunt denumite izolatoare. În lumea mare, vizibilă, ştim că următorul lucru este adevărat: dacă trimit curent electric spre fereastra bucătăriei tale, fasciculul de electroni este reţinut în interiorul sticlei şi rămâne acolo. După ce electronii sunt blocaţi – *localizaţi* este un termen mai potrivit pentru fizică – în interiorul sticlei, ei devin pachete de unde minuscule ataşate de stările de energie situate de-a lungul atomilor individuali ai lanţului.

Deci, ce se întâmplă în lumea microscopică cu exemplul nostru cu electroni şi sticlă? Dacă ar fi să

folosim un microscop atomic pentru a observa electronii din interiorul sticlei, am vedea cum comportamentul localizat al electronilor este un exemplu de manual privind interferenţa cuantică. Să ne amintim de experimentul cu lumina, atomii şi fanta dublă. Ca un val de mare care se izbeşte de un ţărm stâncos, pachetul de unde electronice se „loveşte" de-a lungul lanţului de atomi şi încearcă să forţeze înaintarea prin cablu. Dar, în loc de asta, continuă să fie împrăştiat şi divizat în două părţi, o undă reflectată şi o undă transmisă, în fiecare poziţie a atomilor. Cu cât sunt mai numeroase locurile de împrăştiere prin care trece unda electronică, cu atât mai multe unde reflectate şi transmise avem. Rezultatul constă într-un mănunchi de unde cuantice în interiorul materialului, despre care ştim (din Capitolul 2) că se vor însuma şi vor interfera în fiecare punct.

În cazul unui lanţ de atomi dezordonat, aceste unde sunt defazate între ele din cauza acestei dezordini. Ele sunt „dezorientate" ca urmare a faptului că sunt împrăştiate de locurile atomice neregulate. Prin urmare, modelul lor de interferenţă este distructiv (un fenomen pe care l-aţi vizualizat în Figura 4). Pentru electronii noştri sub formă de particule care se deplasează într-un cablu, aceasta înseamnă că un electron va fi găsit blocat în preajma unui sit atomic

(unde este concentrată cea mai mare parte a undei sale), dar probabil că nu va fi găsit oriunde altundeva în cablu. (Dacă aş fi simplificat excesiv peisajul la doar două viduri, atunci ar fi fost doar două fragmente împrăştiate de undă care să se însumeze. Acestui tip de peisaj compus din două viduri i-ar fi lipsit complet modelul de interferenţă complex şi localizarea. Din acest motiv, orice simplificare a peisajului de corzi într-un obiect cu două vacuumuri ar fi produs un rezultat fizic greşit.)

Pe scurt, asemenea electronului la trecerea printr-un material izolator, fasciculul de universuri cuantice minuscule care încearcă să se deplaseze printr-un peisaj de corzi dezordonat este blocat în diferitele văi de energie din interiorul peisajului. În loc să treacă rapid prin câmpul de energie, aceste pachete de unde minuscule care seamănă cu universurile cuantice rămân blocate. Distribuţia dezordonată a energiilor de vid din peisaj a fost factorul cheie care a declanşat localizarea ramurilor funcţiei de undă pe vacuumurile sale. După ce aceste universuri cuantice minuscule se „localizează" pe o anumită stare de energie a peisajului, ele iau acea energie a vacuumurilor, ceea ce le propulsează prin explozia inflaţiei de tip Big Bang şi le face să crească în dimensiuni.

Şi aceasta a fost imaginea care a reieşit din ecuaţii.

Când undele cuantice încearcă să traverseze peisajul ele sunt blocate în unele vacuumuri, preiau energia vacuumurilor pentru a trece printr-o expansiune inflaţionistă şi creează universuri reale, macroscopice, din aceste universuri cuantice embrionare. Dar întrucât diferitele universuri cuantice se stabilesc în vacuumuri diferite, energiile lor de tip Big Bang sunt şi ele diferite, pentru că totul depinde de vacuumul energetic al peisajului în care se găsesc.

Există o modalitate simplă prin care putem vizualiza acest diferenţial energetic. Dacă vă amintiţi, când am vorbit despre interferenţa constructivă şi distructivă a undelor, am folosit exemplul unei săli de concert în care undele de la toate instrumentele orchestrei se însumează pentru a se amplifica în anumite locuri ale sălii (fotoliile scumpe) şi pentru a se anula reciproc în alte locuri (fotoliile ieftine). Să ne gândim pentru un moment la fotoliile individuale din sala de concert ca fiind vacuumuri de energie specifice din peisaj. Interferenţa dintre ramurile funcţiei de undă a universului arată similar cu interferenţa undelor sonore provenite de la orchestra din sala de concert. Prin urmare, un pachet de unde cuantice se va concentra mai ales în jurul unui loc şi va scădea spre zero în celelalte locuri, ca într-o sală de concert în care există un singur fotoliu scump – un loc bun în care

muzica este amplificată –, iar restul fotoliilor din sală sunt ieftine, pentru că acolo muzica abia dacă poate fi auzită. Acest unic fotoliu bun este vacuumul pe care stă un univers cuantic embrionar. Dar ce „fotoliu" al peisajului ar fi ales universul nostru embrionar?

Prima oară când am ajuns la finalul ecuaţiilor şi m-am uitat la soluţie, am rămas fără grai, pentru că răspunsul obţinut era un nonsens. Şi mai rău, m-a dus într-un cerc complet la problema iniţială a originii improbabile a universului nostru. Soluţia găsită de mine afirma că universul cel mai probabil era cel care începuse de la energia cea mai joasă a peisajului, ceea ce însemna că, conform acestui calcul, o energie Big Bang joasă avea şansa cea mai mare de a produce un univers. În traducere, rezultatul spune că, încă o dată, universul nostru rezultat în urma unui Big Bang de energie înaltă a avut şansa cea mai mică de a lua naştere!

Acum, privind înapoi, ştiu că acest răspuns absurd n-ar fi trebuit să mă surprindă. Ar fi trebuit să mă aştept la el înainte de a începe să fac calculele. Ar fi trebuit să anticipez că particulele cuantice, asemenea bilelor rostogolite pe coastele munţilor, vor căuta să se aşeze în văile cu energia cea mai joasă, pentru că acolo sunt mai stabile. Ar fi trebuit să prevăd asta înainte de a

încerca să rezolv ecuaţiile Wheeler-Dewitt. Dar n-am făcut-o.

După această primă tentativă de rezolvare a ecuaţiilor, mi-am petrecut toate momentele libere revăzând copii fotografice ale fiecărui pas şi calcul, încercând să găsesc ceea ce presupuneam că fusese o eroare. Ce îmi scăpase? Unde mă abătusem de la calea corectă? După multă gândire şi multe plimbări în solitudinea încinsă şi umedă a cărărilor din Carolina de Nord, mi-am dat seama în sfârşit ce anume scăpasem din vedere. Şi a reieşit că îmi scăpaseră multe!

La prima mea încercare, am înţeles cum ramurile funcţiei de undă a universului se localizează pe diferite vacuumuri ale peisajului. Dar scăpasem din vedere o piesă esenţială a acestui puzzle: separarea sau decuplarea reciprocă a diferitelor ramuri inseparabile ale funcţiei de undă a universului în momentul producerii universurilor embrionare. Includerea inseparabilităţii între ramurile funcţiei de undă în ecuaţiile mele nu era capitolul final în calcularea probabilităţii pentru originea noastră. Pentru definitivarea proiectului, trebuia să identific o cale de decuplare a ramurilor „inseparabile" în funcţia de undă a universului din momentul în care erau pe cale să se „umfle" şi să-şi creeze propriile lor universuri.

Spre deosebire de particulele cuantice inseparabile,

universurile clasice de dimensiuni mari nu se pot însuma, nu pot interfera şi nu pot deveni inseparabile sub acelaşi cer. După cum vom vedea mai detaliat în capitolul următor, inseparabilitatea este un efect pur cuantic care nu există între obiectele clasice. Prin urmare, el trebuie anihilat înainte ca universul nostru cuantic, şi celelalte inseparabile de acesta, să poată creşte şi să facă tranziţia de la unda cuantică microscopică la universul clasic macroscopic. În fizică, acest proces de decuplare, mecanismul care distruge inseparabilitatea, este cunoscut ca decoerenţă.

Din cauză ca am trecut cu vederea decoerenţă, am parcurs cercul complet şi am revenit la misterul originii noastre – soluţiile pe care le-am găsit în mod incorect indicau că universul cel mai probabil este unul care începe de la cea mai joasă energie Big Bang.

Decoerenţă se va dovedi a fi cheia rezultatului nostru final – şi anume că, de fapt, universurile cele mai probabile produse din peisajul cuantic erau universurile care începeau la energii foarte înalte, exact la fel cum a început universul nostru! Rezultatul nostru a demonstrat, mai întâi, că spre deosebire de estimarea lui Penrose, originea noastră este una foarte probabilă – începutul nostru nu are absolut nimic special sau exclusiv; în al doilea rând, că povestea originii universului poate fi acum calculată şi dedusă folosind

legile naturii, nu doar postulată.

A fost un moment palpitant, dar nu aveam să zăbovesc asupra lui prea mult. Eram pe cale să descopăr că, de fapt, aveam de-a face cu un proces de selecţie cuantică, unul care nu le dădea acelor universuri embrionare şanse egale de existenţă – şi asta ne-a ajutat să explicăm cum a ajuns universul nostru să fie aşa cum este.

9
Originea universului nostru

În monumentala sa teorie privind lumile multiple ale mecanicii cuantice, Hugh Everett a afirmat că toate ramurile funcţiei de undă au şanse egale de existenţă ca universuri. Cu toate acestea, deducţia mea a demonstrat că nu toate universurile produse de ramurile funcţiei de undă blocate în peisajul teoriei corzilor au şanse egale de existenţă. De fapt, am găsit că pentru unele dintre ele şansele de existenţă sunt aproape nule.

Doi sunt factorii care joacă un rol esenţial în criteriile de selecţie şi şansele de supravieţuire ale universului. Primul este energia pe care aceste pachete de unde cuantice o „împrumută” din vacuumurile peisajului, energia care iniţiază o creştere inflaţionistă în

universurile embrionare. Dar nu e vorba doar de atât.

Al doilea factor, care joacă un rol la fel de important în a determina dacă are loc creşterea inflaţionistă şi dacă un univers va lua naştere din respectivul pachet de unde, este cantitatea de fluctuaţii cuantice prezente în interiorul fiecărui univers-undă.

Fluctuaţiile cuantice sunt prezente în funcţia de undă şi pe vacuumurile peisajului rămase după compactare (procesul folosit pentru a reduce teoria corzilor în 11 dimensiuni la patru dimensiuni). Dat fiind că tratăm aceste proto-universuri ca pe obiecte cuantice, toate vor conţine în mod inevitabil fluctuaţii cuantice. În calculul meu precedent nu ţinusem cont de aceste fluctuaţii, dar mi-am dat seama că ele trebuie să fi jucat un rol crucial în crearea universului nostru pentru că sunt echivalente cu particulele de materie.

Imaginea emergentă a acestor universuri cuantice le-a făcut să conţină două ingrediente: energia vacuumurilor de peisaj în care erau localizate şi particulele de materie sub forma fluctuaţiilor cuantice. Şi, ca urmare a unui alt aspect inevitabil al teoriei cuantice, ramurile funcţiei de undă a universului – la fel ca orice grup de particule cuantice – se vor angaja într-un tip de „convorbire” cuantică, în care ele par să comunice instantaneu unele cu celelalte. Denumim

această interacţiune inseparabilitate cuantică[20].

Astăzi, inseparabilitatea cuantică joacă un rol central în studierea reţelelor neurale şi a minţii, precum şi în dezvoltarea calculatoarelor cuantice, a informaţiei cuantice şi a inteligenţei artificiale. Dar în fizica teoretică, inseparabilitatea s-a dovedit a avea un rol central pentru înţelegerea originii noastre din multiversul cuantic. Aşa cum vom vedea, inseparabilitatea este de asemenea ceea ce în final, şi în mod surprinzător, a permis testarea ştiinţifică a teoriei noastre privind chiar acele origini.

Din punct de vedere istoric, inseparabilitatea cuantică l-a deranjat pe Einstein mai mult decât oricare alt aspect al teoriei cuantice, deoarece el credea ferm într-o singură realitate obiectivă şi voia să ştie ce însemna pentru lumea reală toată această învălmăşeală de universuri posibile încâlcite. El a susţinut până la sfârşit că din acest puzzle cuantic lipsea o piesă importantă, mai ales în lumina a ceea ce el a numit în

---

[20] Termenul original din engleză este *quantum entanglement* şi a fost născocit de Einstein. Pe scurt, este vorba de faptul că două particule, aflate la distanţă una de alta, pot avea o legătură între ele, aşa fel încât măsurarea stării cuantice a uneia dintre ele schimbă instantaneu starea cuantică a celeilalte particule *entanglate* cu ea. Din dorinţa de a evita confuziile, vom folosi în continuare *entanglate (ţi), entanglatement,* pentru care nu există echivalent potrivit în limba română *(n. trad.).*

derâdere „acţiunea fantomatică la distanţă”, o viteză de comunicare instantanee care rezultă din starea de inseparabilitate. Pentru a-şi demonstra punctul de vedere, în controversa cu Bohr, el a făcut ceea ce ştia să facă mai bine decât oricine – a imaginat o serie de experimente mintale care produceau paradoxuri pentru teoria cuantică.[21]

Aceste dezbateri au fost o realizare intelectuală între doi giganţi ai fizicii secolului XX. Amândoi respectau adevărul şi opiniile celuilalt. Într-o scrisoare adresată lui Bohr în 1920, Einstein scria: „Nu mi s-a întâmplat de multe ori în viaţă ca o fiinţă umană să-mi provoace atâta bucurie prin simpla sa prezenţă, aşa cum ai reuşit dumneata”. De fiecare dată când experimentele mintale ale lui Einstein reuşeau să-l pună în dificultate, Bohr trebuia să se gândească un pic mai intens ca să găsească răspunsul şi să câştige disputa. De fiecare dată, teoria cuantică mai avansa câte puţin.

Problema „acţiunii fantomatice la distanţă” şi paradoxurile lui Einstein au fost în cele din urmă rezolvate prin înţelegerea faptului că inseparabilitatea sau *entanglementul* se bazau serios pe natura dual ă a

---

[21] Cel mai cunoscut dintre cele îndreptate direct asupra noţiunii de *entanglement* a fost paradoxul EPR, numit după Einstein, Boris Podolski şi Nathan Rosen. Rosen făcea parte din grupul de fizică teoretică de la UNC Chapel Hill când paradoxul EPR a fost publicat, în 1937 *(n. a.).*

particulelor cuantice ca unde. Având o natură strict cuantică, aceste particule *entanglate* nu puteau să transfere informaţii clasice. Întrucât fenomenul inseparabilităţii era limitat exclusiv la lumea cuantică şi nu exista în lumea clasică, limita vitezei luminii pentru schimbul de informaţii din lumea noastră clasică era conservată fără probleme.

Aşadar, cum funcţionează inseparabilitatea/*entanglementul* într-o lume cuantică? Un mod simplu de a vizualiza acest lucru este să ne gândim la o particulă familiară: electronul. Electronii au o proprietate numită spin, care este un efect pur cuantic. Spinul nu are un echivalent în lumea clasică cu care suntem obişnuiţi. Un mod de a descrie spinul unui electron este rotaţia în jurul axei sale. Cantitatea de spin a unei particule este identitatea sa cuantică; ca un semn din naştere, nu se poate schimba. Particule cuantice diferite au spini diferiţi. Electronii au două variante de spin: sus şi jos.

Acum să ne imaginăm un atom care are doi electroni şi, datorită unei anumite simetrii, este într-o stare de spin total zero – altfel spus, dacă un electron are spin sus, atunci celălalt trebuie să treacă instantaneu la spin jos; dacă unul se roteşte în sensul acelor de ceasornic, celălalt trebuie să se rotească invers. Spinul însumat al celor doi electroni este întotdeauna zero. Un aspect

esenţial este că această simetrie există fie că electronii se află pe aceeaşi orbită în jurul aceluiaşi atom, fie împrăştiaţi la capete diferite ale universului.

Cum de ştie fiecare electron despre orientarea spinului celuilalt şi cum se organizează întotdeauna cei doi electroni în spini de direcţie opusă, oricare ar fi locaţia lor? Există o singură cale: cumva, perechea de electroni îşi „comunică" instantaneu unul altuia aceste informaţii despre spinii lor, în aşa fel încât, dacă un electron are spinul sus, atunci celălalt ştie automat acest lucru şi-şi orientează instantaneu spinul în jos. Această interacţiune între particule cuantice este inseparabilitatea cuantică *(entanglement),* iar în exemplul nostru cei doi electroni sunt *entanglaţi.* Ca într-o căsnicie solidă sau ca în cazul a doi gemeni, odată *entanglate,* două particule cuantice rămân aşa pe viaţă; dacă ar fi să separăm perechea noastră de electroni prin distanţe imense – să zicem, plasând un electron pe suprafaţa Soarelui şi celălalt, pe Pământ –, ei ar rămâne *entanglaţi* şi vor continua să comunice instantaneu cu privire la spinii lor.

Dacă această caracteristică pare stranie, e pentru că aşa este. Comunicarea instantanee a informaţiei (de la un electron la celălalt, în acest exemplu), pe distanţe uriaşe, presupune ca informaţia să se deplaseze cu viteză infinită, pe câtă vreme noi ştim, mulţumită lui

Einstein, că nimic în natură nu se poate deplasa cu o viteză mai mare decât viteza luminii. Într-adevăr, acesta este şi motivul pentru care Einstein a obiectat faţă de această caracteristică a teoriei cuantice, denumind-o în derâdere „acţiune fantomatică la distanţă".

Totuşi, în ciuda aparenţelor, inseparabilitatea cuantică nu încalcă de fapt limita vitezei luminii în natură postulată de Einstein. În scenariul nostru, nicio informaţie clasică nu se deplasează cu viteză infinită. Ca să vedem cum poate fi posibil acest lucru, să ne amintim de dualitatea undă-particulă a mecanicii cuantice. Datorită ei, particulele cuantice (fie electroni, fie universuri embrionare cuantice) nu sunt doar obiecte punctiforme care există într-o locaţie sau alta; ele sunt şi unde care se împrăştie până la infinit. Prin urmare, două particule cuantice depărtate între ele nu trebuie să se deplaseze ca să se întâlnească (sau ca să-şi transmită reciproc informaţii la distanţă); ele sunt tot timpul în contact una cu cealaltă peste distanţe uriaşe. Sunt într-o stare de inseparabilitate cuantică.

Amintindu-mi că inseparabilitatea cuantică funcţionează numai în domeniul cuantic, mi-am dat seama că, deşi mi-am început deducerea originii universului nostru la un moment când noi eram doar un univers-undă cuantic, o ramură a funcţiei de undă a

universului în peisajul teoriei corzilor, cumva această teorie trebuia să elimine *entanglementul* cu celelalte ramuri, pentru a produce un univers clasic ca acela pe care-l avem în jurul nostru şi să facă asta într-o manieră coerentă.

Pentru a realiza această tranziţie de la cuantic la clasic pentru universul nostru, aveam nevoie de efectul celei de-a doua piese din teoria mea: fluctuaţiile cuantice, care au un rol important în a determina locul în care universurile potenţiale rămân blocate în peisaj şi unde şi cum supravieţuiesc.

Aceste fluctuaţii învecinate erau o aducere aminte asupra motivului pentru care era important să fie luate în consideraţie când sunt explorate procesele microscopice ale funcţiei de undă. Impactul fluctuaţiilor cuantice asupra fiecărui pachet de unde şi asupra vacuumurilor de peisaj pe care le ocupă au schimbat complet şansele de producere a unui univers din aceste pachete de unde. În acelaşi timp, adăugarea unui număr infinit de fluctuaţii într-un set de ecuaţii matematice deja complicate pentru felul în care funcţia de undă a universului străbate un peisaj vast părea o misiune imposibilă.

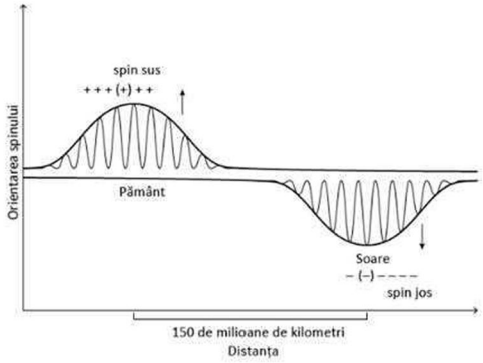

Figura 12. Fenomenul de *entanglement* pentru doi electroni (unul reprezentat printr-o linie groasă, celălalt, cu o linie dublă). Ca unde, ambii electroni se întind până la infinit. Ca particule punctiforme, ar trebui să trimită semnale luminoase pe distanța dintre ele — în acest caz, distanța de la Soare la Pământ, ceea ce ar însemna ca fiecare semnal să aibă nevoie de opt minute pentru a se deplasa de la unul la celălalt. Dar ca unde ele sunt permanent în contact, astfel încât distanța pe care trebuie să o parcurgă semnalele pentru ca electronii să comunice este zero, astfel încât schimbul de informații se face fără nicio întârziere. Astfel, când un electron are spinul sus, celălalt știe instantaneu acest lucru și-și întoarce spinul în jos; în aceeași manieră, dacă un spin se orientează spre dreapta, celălalt se va orienta instantaneu spre stânga. Acest lucru se întâmplă fără să se depășească limita vitezei luminii.

Până la urmă, curiozitatea mea a învins. Dar eram conştientă că era prea multă muncă pentru un singur om. Cunoşteam persoana perfectă care putea să mă ajute – nu era doar un expert în cosmologia cuantică, ci şi un om încântător, cu un excelent simţ al umorului. Aşa că într-o dimineaţă, după ce mi-am terminat orele, l-am sunat pe Rich Holman de la facultatea de fizică a Universităţii Carnegie Mellon. Contam pe Rich să fie ca o a doua mea pereche de ochi şi să joace rolul de avocat al diavolului pentru orice gafă sau greşeală aş fi putut face. Rich s-a arătat intrigat şi, ceea ce a început ca un proiect solo, s-a transformat în mulţi ani de colaborare plăcută şi fructuoasă. În diferite momente, când credeam că ne-am poticnit, Rich risipea posomorala cu o glumă şi cu atitudinea lui optimistă.

Am început cu sarcina laborioasă de a repeta calculele mele anterioare privind funcţia de undă a universului în peisajul cuantic, dar de data asta ţinând cont de un număr infinit de fluctuaţii cuplate slab cu ramura noastră pe lângă numărul aproape infinit de vacuumuri de peisaj. Mulţimea acestor fluctuaţii umplea peisajul şi „veghea" ramurile funcţiei de undă în timp ce se propagau prin peisaj. (Să ne amintim de lucrarea lui Hugh Everett asupra experimentului mintal al lui Schrödinger cu pisica în cutie, în care a conchis că, în calitate de obiecte cuantice, atât pisica, cât şi observatorul sunt capabile să se observe reciproc în permanenţă.)

Dar universurile clasice nu pot fi particule cuantice *entanglate.* Prin urmare, universurile cuantice care încep ca unde *entanglate* într-o funcţie de undă universală a universului, într-o stare de comunicare permanentă, trebuie să se separe între ele pe marele lanţ al fabricii de universuri şi să-şi dobândească propria lor individualitate independentă pentru a deveni universuri clasice. Ele se eliberează din starea de inseparabilitate printr-un proces numit decoerenţă.

Decoerenţă distruge afinitatea dintre pachetele de unde şi le face să se decupleze unele de altele în timpul tranziţiei de la undele cuantice la universurile în expansiune. Anulează *entanglementul* dintre particulele

cuantice şi, odată cu el, natura lor cuantică. Decoerenţa este modul în care ele fac tranziţia de la obiecte cuantice la universuri clasice. Putem să o considerăm ca traversarea ireversibilă a graniţei dintre două lumi: o lume cuantică, în care entropia este zero, guvernată de reguli diferite, şi o lume clasică, în care entropia creşte şi timpul se mişcă ireversibil înainte.

Din punct de vedere microscopic, decoerenţa este declanşată de interacţiunea funcţiei de undă cu mediul, sau „baia" de fluctuaţii cuantice, în care este imersată. Interacţiunea cu baia le fixează la valori şi locaţii unice, ceea ce le distruge pentru totdeauna inerenta incertitudine cuantică.

Un mod de a înţelege decoerenţă este să ne gândim la procesul de separare a aurului pur din minereu. Cufundarea minereului de aur într-o baie fierbinte de borax provoacă topirea diferitelor minerale din minereu. Fiecare mineral reacţionează diferit la baia de borax. Când ajung la temperaturilor respective de topire, aceste minerale se separă între ele, iar aurul, care interacţionează cel mai slab cu boraxul, se lasă la fund.

În cazul nostru, mineralul este funcţia de undă a universului combinată cu toate ramurile. Baia în care este imersată această funcţie de undă şi cu care interacţionează este mulţimea de fluctuaţii cuantice

care încearcă să oprească universurile din creştere. Ca rezultat al acestui *entanglement* cu baia de fluctuaţii, ramurile funcţiei de undă se separă între ele – adică, suferă procesul de decoerenţă – în timp ce preiau energii din vacuumurile de peisaj în scopul de a trece prin propria inflaţie de tip Big Bang.

Decoerenţa are loc în momentul în care ramurile funcţiei de undă a universului situate pe stările de energie ale peisajului sunt pe cale să treacă prin procesele lor individuale de inflaţie cosmică pentru a creşte şi a produce universuri individuale. După ce decoerenţă este definitivată, fiecare univers în creştere îşi dobândeşte propria sa identitate şi se eliberează de incertitudinea cuantică; se decuplează de celelalte universuri în creştere, producându-şi spaţiu-timpul propriu, independent de procesele similare din celelalte universuri în dezvoltare.

Nu mi-am dat seama atunci de impactul pe care luarea în considerare a băii de fluctuaţii şi a decoerenţei îl va avea asupra determinării probabilităţii originii noastre. A reieşit că aceasta va fi cheia pentru rezolvarea misterului originii improbabile a universului nostru.

Dar decoerenţa şi *entanglementul* sunt două feţe ale aceleiaşi monede. Pachetele de unde ale universului care se stabilesc stări energetice înalte de-a lungul

peisajului pot supravieţui comprimării exercitate de gravitaţia atractivă a fluctuaţiilor cu doar câteva „urme” – schimbări minore ale formei lor iniţiale – şi să-şi continue parcursul prin faza inflaţiei cosmice rapide pentru a produce un univers macroscopic ca al nostru. Întrucât separarea – decoerenţa – ramurilor funcţiei de undă a universului (care devin universuri) este declanşată de *entanglementul* lor cu baia de fluctuaţii ale mediului, m-am întrebat în continuare dacă putem calcula şi găsi vreo urmă a acestui *entanglement* iniţial – conversaţia dintre toate ramurile care au produs universuri – imprimate pe cerul nostru de astăzi. Dacă aş putea derula înapoi povestea creaţiei până la rădăcinile peisajului cuantic, când universul nostru undă era *entanglat* cu altele, atunci momentul decoerenţei ar fi cel în care am putea urmări evoluţia universului spre cealaltă latură, când universul nostru era doar un pachet de unde cuantice, dincolo de limitele lumii noastre clasice.

În timp ce refăceam calculele legate de funcţia de undă a universului în peisajul cuantic, de data asta introducând un număr infinit de fluctuaţii, precum şi un număr aproape infinit de vacuumuri de peisaj, eu şi Rich am descoperit ceea ce sperasem să găsim de la bun început. Interacţiunea cu baia de fluctuaţii cuantice a

declanşat separarea (prin decoerenţă) ramurilor funcţiei de undă fără să le schimbe proprietăţile în procesul de măsurare. Pasul nostru următor a fost să calculăm efectul net pe care aceste fluctuaţii l-au avut asupra evoluţiei fiecăreia dintre aceste ramuri individuale când au devenit universuri clasice. Considerând complexitatea unui astfel de sistem, n-aveam nicio modalitate de a şti sau a anticipa care vor fi soluţiile. Dar, după o jumătate de an de muncă intensă, ceea ce am descoperit a meritat efortul.

Am descoperit că atunci când ramurile funcţiei de undă au evoluat pentru a deveni universuri individuale, au făcut asta luând energie din diferite viduri energetice în care se stabiliseră în peisaj. Apoi aceste ramuri au trecut prin procesul de decoerenţă pentru a se desprinde una de cealaltă, pentru a-şi dobândi propria lor identitate, pentru a se extinde şi a deveni universuri clasice în creştere.

Ceea ce am descoperit a fost că universurile embrionare care începuseră la energii foarte înalte aveau cea mai mare probabilitate de a apărea din peisajul cuantic, exact aşa cum ştiam din observaţiile astrofizice şi din teoria inflaţiei cosmice că este cazul cu propriul nostru univers! Pentru prima dată, rezultatele noastre au demonstrat că universul nostru nu era etern, că a avut un moment al creaţiei cu 13, 8 miliarde de ani

în urmă şi că nu avea absolut nimic special, şi, la fel de palpitant, că originea universului poate fi calculată şi dedusă în loc să fie presupusă. Concluzia lui Penrose privind improbabilitatea originii noastre s-a dovedit a fi incorectă, după ce ne-am dat seama cum să privim dincolo de perdeaua spaţiu-timpului şi să întrezărim canavaua mai mare a cosmosului, multiversul din care s-a născut universul nostru. Misterul legat de improbabilitatea existenţei universului nostru s-a destrămat după ce am examinat imaginea mai mare şi procesele dinamice din ea, vastitatea multiversului din peisajul cuantic, unde universurile erau create în permanenţă cu condiţia să aibă suficientă energie.

Mai mult, în contrast cu interpretarea lumilor multiple a lui Everett, am descoperit că nu toate ramurile funcţiei de undă a universului au şanse egale de a produce universuri. Probabilitatea fiecărei ramuri de a deveni un univers depindea de o regulă de selecţie dinamică: energia peisajului pe care ramura s-a localizat şi cantitatea de fluctuaţii cuantice captate în acesta. În absenţa unui criteriu de selecţie, Everett a presupus că fiecare ramură a funcţiei de undă are o şansă egală de iniţia existenţa unui univers. Conceptul de decoerenţă a fost descoperit formal la mai bine de două decenii după ce Everett şi-a scris disertaţia. Întrucât nu avea nicio metodă de a atribui ponderi

ramurilor funcţiei de undă a universului, el şi-a bazat teoria pe ceea ce este cunoscut ca „principiul ignoranţei” – dacă nu putem estima şansa pe care fiecare univers o are de a exista, atunci trebuie să presupunem că toate universurile, atât cele de energii înalte, cât şi cele de energii joase, au şanse egale de existenţă. Mecanismul de selecţie emergent pentru universurile embrionare care pornesc de la energiile de peisaj, pe care eu şi Rich l-am dedus, a demonstrat că nu aşa stau lucrurile. Pentru unele universuri care încep de la energii joase, şansele de existenţă sunt aproape zero. Iar pentru multe altele, un întreg multivers compus din universuri cu energie înaltă ca al nostru, şansele de succes sunt foarte mari. Doar universurile embrionare cele mai puternice au supravieţuit. Să ne amintim că probabilitatea era pur şi simplu pătratul soluţiilor găsite; prin urmare, diferite soluţii pentru ramurile funcţiei de undă corespund unor probabilităţi diferite de producere a unui univers.

În plan fizic, fluctuaţiile se comportă ca nişte particule de materie, ceea ce înseamnă că vor lua acel univers cuantic minuscul şi vor încerca să-l comprime sub greutatea lor într-o gaură neagră. (în fizică, spunem că materia are o capacitate calorică pozitivă, adică posedă gravitaţie atractivă.). Prin contrast, energia ar face să explodeze acel univers iniţial

trimiţându-l într-o fază inflaţionist-cosmică. (în fizică, spunem că, spre deosebire de materie, câmpul gravitaţional al energiei este un sistem cu capacitate calorică negativă, adică are o gravitaţie repulsivă.) Fiecare ramură a funcţiei de undă a universului conţine energia pe care a luat-o din valea de peisaj în care este reţinută şi energia pe care a luat-o de la particule sub formă de fluctuaţii. Şi astfel universul-undă embrionar sfârşeşte într-o confruntare decisivă titanică: o luptă pentru dominaţie între energia pe care ramura a luat-o de la vidurile din peisaj pe care s-a stabilit, care încearcă s-o dirijeze într-o expansiune accelerată, şi atracţia din partea fluctuaţiilor care se comportă ca materia din interiorul lor încercând să oprească creşterea şi să le comprime în ceva care seamănă aproximativ cu o gaură neagră.

Cum funcţionează acest proces? Când am vorbit despre inflaţia Big Bang şi energia întunecată, am explicat că energia întunecată ia un univers cuantic minuscul şi tinde să-l expandeze foarte rapid. Dar să ne amintim că materia are gravitaţie atractivă – ia acel univers cuantic iniţial şi îl contractă într-un punct, comprimându-i conţinutul, aşa cum se întâmplă în interiorul găurilor negre. Ştim din ecuaţiile lui Einstein („materia şi energia îi spun spaţiului cum să se curbeze”) că asta se întâmplă cu un univers minuscul

umplut cu materie sau energie. Fiecare dintre aceste ramuri ale universurilor cuantice care sunt încă pachete de unde, localizate undeva în văile peisajului, conţine atât materie (care, prin intermediul fluctuaţiilor cuantice, încearcă să oprească expansiunea universului cuantic) şi energie (care, luată din peisaj, încearcă să determine universul cuantic să treacă la o creştere inflaţionistă). Partea care este mai puternică în această confruntare determină dacă un univers se va naşte din acea stare energetică particulară din peisaj.

De aici reiese că, contrar estimărilor anterioare, care dădeau universului nostru cele mai mici şanse de existenţă, universurile care încep să se extindă la energii ridicate – aşa cum a făcut universul nostru – au *cele mai mari* şanse să ia naştere şi să se dezvolte în universuri macroscopice. Pachetele de unde care se stabilizează în stări de joasă energie din peisaj nu se pot dezvolta; ele rămân comprimate la dimensiunea lor cuantică şi nu pot produce niciodată un univers clasic, mare şi observabil. Ele devin ceea ce numim universuri terminale, rămânând pentru eternitate pachete de unde cuantice microscopice. Am putea chiar să calculăm şansele de supravieţuire pe care le are un univers-undă în producerea unui univers clasic mare, în funcţie de vacuumurile de peisaj în care s-au stabilit.

În acest caz a funcţionat un mecanism de selecţie

pentru crearea universurilor din multiversul cuantic al peisajului – competiţia din interiorul fiecărei ramuri dintre comportamentul materiei (conţinute în fluctuaţii) şi gravitaţie (determinată de energia de peisaj care trimite universul într-o inflaţie de tip Big Bang). Prin această confruntare, natura şi-a etalat propria versiune a selecţiei naturale darwiniene: a dat universurilor embrionare şanse de supravieţuire inegale şi chiar a anulat posibilitatea ca universurile terminale să existe în lumea clasică.

Ca şi în cazul ecuaţiei de tip Schrödinger din mecanica cuantică, ecuaţia Wheeler-Dewitt pentru funcţia de undă a universului în peisajul teoriei corzilor ne dă nu una, ci mai multe soluţii de universuri-undă, fiecare dintre ramurile lor fiind localizată în vacuumuri diferite ale peisajului (unele pe stări de energie înaltă, altele pe stări de energie joasă). Prin urmare, deşi unele dintre acele soluţii – universurile terminale – sunt eliminate din teoria noastră, numărul de universuri supravieţuitoare care încep din vacuumurile de peisaj de energie înaltă şi se dezvoltă rămâne foarte mare; ele produc un întreg multivers cuantic.

Prin includerea gravitaţiei şi fluctuaţiilor în ecuaţiile noastre, am transformat peisajul teoriei corzilor într-un „peisaj al puterii”. Numai universurile cele mai puternice, cele care s-au stabilit în vidurile de energie

înaltă ale peisajului şi s-au extins la energii înalte au supravieţuit, au crescut şi au produs universuri macroscopice.

Aceasta este cheia pentru ceea ce am descoperit. Şansele existenţei noastre s-au schimbat! De această dată, soluţiile pentru cele mai probabile universuri produse din peisajul cuantic au început de la energii foarte înalte, aşa cum s-a întâmplat cu universul nostru! Rezultatul obţinut de noi pentru şansele existenţei noastre a demonstrat că originea universului nostru nu are nimic special sau reglat fin; şansa de existenţă a universului nostru este mare pur şi simplu ca urmare a selecţiei evoluţioniste, determinate de dinamica cuantică a gravitaţiei şi materiei.

Săptămâna de după ce ne-am încheiat calculele a fost un adevărat *roller coaster* emoţional. A doua zi după ce am terminat, eu şi Rich eram uluiţi că reuşiserăm să facem toate acele calcule. În ziua următoare, cred că eram cei mai fericiţi oameni din ţară şi nu ne mai opream din zâmbit. Iar în a treia zi, îndoiala ne-a paralizat, reamintindu-ne că răspunsul seducător pe care credeam că-l găsiserăm era o afirmaţie de proporţii atât de mari, încât probabil că era greşită din motive pe care nu le identificaserăm încă.

Dacă am învăţat ceva din lecturile legate de istoria

ideilor ştiinţifice a fost modestia.

Mi-am amintit de una dintre poveştile pe care tatăl meu mi le-a spus, una despre Enrico Fermi, fizicianul laureat al Premiului Nobel şi arhitect al bombei atomice, al cărui vechi birou se afla pe acelaşi hol cu al meu pe vremea când în făceam studiile postdoctorale la Scuola Normale Superiore din Pisa. După cum mi-a relatat tata, în ciuda entuziasmului provocat de faptul că erau atât de aproape de terminarea bombei atomice, în acea ultimă seară Fermi i-a rugat pe cei din echipă să înceteze lucrul la calculele lor nucleare şi să facă o pauză.

Morala poveştii, mi-a explicat tata, era că trebuie să dai dovadă de prudenţă şi să-ţi stăpâneşti entuziasmul. Nu grăbi lucrurile importante. E uşor să faci o greşeală când aproape că ai ajuns la finalul unui maraton ştiinţific şi eşti obosit. Oricât de greu ţi-ar fi, îndepărtează-te un timp de acea problemă. Apoi, după ce te-ai detaşat, revino cu mintea limpede, verifică o dată, de două ori şi încă o dată. La o săptămână după ce eu şi Rich terminaserăm calculele, exact asta am făcut. După aceea, am lăsat proiectul deoparte vreo lună, apoi am reverificat calculele înainte de a le trimite unei reviste şi de a le posta în arhivele de fizică din online.

Când am ajuns la finalul calculelor, Rich şi cu mine ne-am simţit simultan în culmea fericirii şi neliniştiţi.

Găsiserăm o cale de a deduce pe cale matematică răspunsul la originea universului nostru şi a lumii care se află dincolo de graniţele sale spaţiale şi temporale. Eram încredinţaţi că avem dreptate. Dar va fi de acord cu noi şi restul universului?

În acelaşi timp în care ne sărbătoream descoperirea, eu şi Rich acordam o consideraţie serioasă şi altor răspunsuri alternative la criza peisajului, care luaseră naştere datorită activităţii depuse de colegii noştri din comunitatea de fizicieni.

Una dintre abordările alternative pentru evitarea „crizei peisajului" consta în adăugarea unui asterisc intelectual la peisajul teoriei corzilor. Această abordare raţionaliza şi limita variantele oferite de descoperirea peisajului teoriei corzilor prin utilizarea aşa-numitului principiu antropic.

Principiul antropic susţine că, de fapt, observatorii aleg care universuri sunt viabile pentru a permite locuirea lor. Raţionamentul principiului antropic este o reafirmare de secol XXI a colapsului funcţiei de undă al lui Bohr sau (mergând şi mai mult înapoi în timp) o reformulare a celebrului aforism al lui Descartes: „Gândesc, deci exist". Aceste eforturi de rezolvare a crizei peisajului susţineau în esenţă: „Gândesc, prin urmare universul există", iar observatorul universului,

ca şi noi, este mereu capabil să-i confirme ca martor existenţa. Dar, în loc să selectăm acel principiu cuantic „adevărat”, noi alegem acel univers „adevărat” şi desconsiderăm restul vastităţii acestui peisaj al corzilor ca fiind irelevant.

Principiul antropic are o natură mai degrabă filosofică decât ştiinţifică şi poate fi exprimat cel mai bine prin următoarea tautologie logică. Acest univers există şi este adevăratul univers pentru că noi, ca fiinţe înzestrate cu simţuri, putem să-l vedem şi să fim martori la existenţa sa. Am ajuns să fim aici în urma unui proces îndelungat şi complex, care a implicat galaxii şi fabrici de stele. Iar stelele nu ar fi existat în lipsa reglajului fin al constantelor naturii şi a reglajului fin al inflaţiei cosmice pentru a produce universul nostru de astăzi. Astfel, pentru ca viaţa să ia naştere, universul trebuia să înceapă într-o stare foarte specială, cu toate ingredientele şi forţele reglate fin. Prin urmare, chiar dacă universul nostru ar fi avut o şansă ridicol de mică să existe, după cum a estimat Penrose, este totuşi singurul care are condiţiile potrivite pentru ca structura şi, în ultimă instanţă, viaţa să ia naştere, aşa că nu e nicio surpriză că ne aflăm în el.

Reglajul fin are o conotaţie foarte specifică în fizică – înseamnă că acele constante din natură, precum masa

sau sarcina unui electron, care determină tăria forţelor unui univers, trebuie să fie stabilite la o valoare numerică exactă, valoarea pe care o au în universul nostru. Chiar şi o mică schimbare în doar câteva ecuaţii şi valori pentru aceste legi ale naturii ar avea ca rezultat crearea unui univers radical diferit – sau a niciunui univers. Astfel, folosirea drept criterii de selectare a universului nostru actual existenţa vieţii şi afirmaţia că viaţa nu poate exista decât dacă universul a fost reglat fin a părut, pentru susţinătorii principiului antropic, să rezolve „criza peisajului". A oferit o imagine pentru modul în care un univers „real" poate să ia naştere dintr-un număr imens de posibilităţi.

În plus, conform aceluiaşi principiu antropic, *singura* virtute a existenţei unui peisaj vast sau, la fel de bine, a oricărui tip de multivers, a fost să crească şansele ca un univers reglat fin ca al nostru să fie găsit. Se presupunea că doar foarte puţine universuri – preferabil unul singur – ca al nostru sunt disponibile. Se mai presupunea că viaţa poate exista doar într-un univers exact ca al nostru, un univers cu exact aceleaşi constante speciale din natură, inflaţie de tip Big Bang şi energie întunecată. Validitatea acestor supoziţii mi-a trezit scepticismul. Selecţia antropică a început prin a presupune chiar răspunsul pe care doream să-l auzim şi apoi a încercat să-şi motiveze alegerea.

La acea dată, principiul antropic era îmbrăţişat de nenumăraţi titani ai fizicii teoretice, eu având un respect deosebit pentru mulţi dintre aceştia. Dar pentru mine semăna cu o renunţare. Aceea de a rezolva problema. Cu cât mai mult mă gândeam la asta, cu atât mai mult eram convinsă că, de fapt, principiul antropic nu făcea decât să lanseze un nou set de întrebări, începând cu una elementară: „De ce s-a întâmplat aşa şi nu altfel?" în cartea sa *The Mind of God,* fizicianul britanic de renume mondial Paul Davies se referă la această problemă ca la „Dumnezeul lacunelor"[22], definind-o ca pe un scenariu al intervenţiei divine pe care noi oamenii îl folosim în scopul de a rezolva o lacună în înţelegerea sau explicaţiile noastre. Originile moderne ale acestei „perspective a ochiului lui Dumnezeu" datează din Franţa începutului de secol al XVII-lea, unde, după cum am menţionat, filosoful, matematicianul şi omul de ştiinţă René Descartes şi-a expus convingerea că fiinţele omeneşti au un statut moral superior tuturor celorlalte organisme şi sunt specia preeminentă pe Pământ. Prin urmare, a argumentat el, realitatea poate fi evaluată doar printr-o perspectivă umană. Postulându-şi premisa de *cogito*

[22] Termenul „Dumnezeul lacunelor" a fost folosit pentru prima dată, în 1955, de matematicianul de la Oxford C. A. Coulson în cartea sa *Science and Christian Belief (n. a.).*

ergo sum („gândesc, deci exist”), Descartes şi-a declarat susţinerea hotărâtă pentru puterea raţionamentului uman ca modalitate de a înţelege funcţionarea naturii şi a cosmosului. Procedând astfel, Descartes a fost totodată şi un pionier în ceea ce a devenit cunoscut ca *metoda ştiinţifică.* În multe privinţe, această moştenire a dualismului cartezian, convingerea că „gândesc, deci universul există”, a părut din păcate să stea la baza raţionamentului din spatele principiului antropic din cosmologie.

Dar, oriunde m-aş fi uitat, rândurile susţinătorilor principiului antropic creşteau; de fapt, laureatul Nobel Steven Weinberg a folosit argumente antropice pentru a demonstra existenţa energiei întunecate înainte ca ea să fi fost descoperită observaţional, o predicţie care n-a făcut decât să crească entuziasmul pentru principiul antropic în rândurile susţinătorilor săi.

Principiul antropic cu siguranţă părea să rezolve chestiunea lipsei de testabilitate pentru o teorie despre univers plasându-ne în centrul scenei ca observatori ai săi. Aceasta însemna că singurele universuri viabile erau cele ca ale noastre; dacă un alt univers nu avea condiţiile corecte pentru apariţia stelelor, galaxiilor şi, în ultimă instanţă, a vieţii care să fie martoră la existenţa sa, atunci la fel de bine ar putea să nu existe. Problema mea cu această abordare era faptul că,

indirect, oamenii de ştiinţă deciseseră deja asupra răspunsului pe care şi-l doreau – şi anume, că singurul univers „bun” era al nostru.

Pe măsură ce cercetările privind multiversul luau avânt, la fel se întâmpla şi cu elaborarea principiului antropic. Susţinătorii săi justificau multiversul ca decorul perfect pentru creşterea şanselor de a găsi un univers ca al nostru. Eu nu eram convinsă că aceste argumente reprezentau un răspuns obţinut pe căi ştiinţifice pentru enigma originilor noastre. Poate că reticenţa mea era legată de faptul că această nouă perspectivă asupra multiversului – o perspectivă menită să reducă posibilitatea universurilor multiple la unul singur, ca al nostru, mi se părea familiară. Printre alte lucruri, îmi amintea de un eveniment trist din viaţa tatălui meu, un moment în care a văzut cum posibilităţile pentru propriul său univers sunt dramatic diminuate.

Când tata era elev de liceu, cel mai preţuit semn de recunoaştere pe care îl putea primi un licean era o bursă de studii în Uniunea Sovietică, iar concurenţa pentru acele burse era aprigă. În fiecare an, cel mai bun elev din fiecare liceu primea la absolvire o medalie de aur. Acea medalie garanta acordarea unei burse de studii la Moscova.

În pofida numeroaselor dificultăţi ale familiei sale, tata a excelat la învăţătură, de multe ori absolvind două clase într-un singur an. Depăşea cu brio standardele necesare pentru primirea medaliei de aur. Profesorii săi, mai ales cel de matematică, l-au asigurat că această onoare era o încununare inevitabilă a efortului său. Tata chiar s-a apucat singur să înveţe rusa, ca să fie pregătit pentru bursă.

A sosit şi ziua absolvirii. Tocmai când directorul se pregătea să-i înmâneze tatălui meu medalia, secretarul de partid al liceului i-a luat-o din mână şi i-a dat-o altui elev, care a fost la fel de şocat când a primit-o cum a fost tatăl meu pierzând-o.

Mai târziu, tata avea să glumească pe seama acestui incident spunând că tot răul fusese spre bine din două motive. Mai întâi, după ce învăţase rusa, acum avea acces la toată literatura occidentală, dat fiind că nimeni din conducerea statului albanez nu se gândise să interzică traducerile în rusă ale operelor de ştiinţă, istorie, artă sau muzică. În al doilea rând, mulţi dintre cei care primiseră medalia de aur se întorseseră de la studii cu soţii rusoaice, dar, după ce Albania a rupt relaţiile cu Uniunea Sovietică în 1967, toate acele soţii, împreună cu copiii lor, au fost adunate, îmbarcate într-un avion şi deportate în Rusia. Cei mai mulţi dintre taţii albanezi n-au mai auzit şi nici nu şi-au mai văzut

soţiile sau copiii decât în anii 1990. Cei foarte puţini care au refuzat să se despartă de familiile lor au fost condamnaţi, alături de soţii şi de copii, şi trimişi în lagăre de muncă forţată. Tata a spus că n-ar fi putut să supravieţuiască dacă şi-ar fi pierdut copiii în felul ăsta.

În acelaşi timp însă tata nu se putea abţine să vorbească despre medalie. În anii din urmă ai vieţii sale, chiar s-a întrebat dacă n-am putea solicita ca Ministerul Educaţiei să caute în arhive şi să găsească documentele care ar fi dovedit că el câştigase acea medalie. Un premiu însuşit pe nedrept de altcineva, de la o festivitate de absolvire a liceului desfăşurată cu mult timp în urmă. Şansele de a fi găsit păreau scăzute, ca să mă exprim eufemistic.

Multă vreme, n-am reuşit să înţeleg nici să mă pici cu ceară cum o persoană ca tatăl meu, care nu o dată îşi dăduse singura haină unui străin de pe stradă când i se părea că aceluia îi era mai frig decât lui, putea fi atât de obsedat de o medalie. Era un om căruia părea să nu-i pese deloc de posesiuni, care, spre groaza mamei şi fără ezitare, i-a dat unui prieten economiile de-o viaţă, iar mai târziu i-a dat salariul pe o lună unui student pentru a-şi plăti cheltuielile de nuntă, pentru că familia tânărului era prea săracă. Era un om care nici măcar n-ar fi ştiut că poartă ciorapi de culori diferite dacă mama nu i-ar fi controlat zilnic îmbrăcămintea, un om

pentru care posesiunile materiale şi elogiile false nu însemnau nimic. Un om lipsit de vanitate şi de ranchiună – cum era posibil ca o medalie de aur din adolescenţă să însemne atât de mult pentru el?

Când l-am întrebat de ce era atât de importantă medalia pentru el, tata mi-a răspuns cu sinceritate că făcuse multe sacrificii, mulţumindu-se cu puţine haine şi mâncare pe sponci, ca să meargă la şcoală, dar întotdeauna îi tratase cu respect pe profesorii săi şi învăţătura îl făcuse să nu abandoneze. Îşi văzuse experienţele din viaţa de adult, când fusese tratat nedrept, trădat şi lovit mişeleşte, ca fiind manifestări ale naturii umane, un grup de adulţi făcându-şi rău unul altuia din invidie sau gelozie profesională. Sistemul comunist făcuse restul răului. Însă, copil fiind, avusese cel mai mare respect pentru dascălii săi. Spunea mereu că profesorii aveau rolul cel mai nobil în grija pentru starea de bine a copiilor şi numai societăţile cele mai crude îi puteau obliga să rănească un copil inocent.

După ce tata a rămas fără medalie, profesorul lui de matematică l-a susţinut şi l-a consolat spunându-i că mai era un premiu pe care toţi şi-l doreau. Era un premiu pe care nimeni nu i-l putea lua şi nu putea fi cumpărat cu toţi banii din lume: puterea propriei sale minţi. Dar acele vorbe de încurajare nu-i alinaseră

dezamăgirea profundă.

În ciuda explicaţiilor tatei, abia când am devenit eu însămi părinte am început să înţeleg ce efect avusese asupra lui acea experienţă. Nu-mi puteam imagina o astfel de experienţă întâmplându-i-se fiicei mele. Să muncească atât de mult doar ca să vadă că recompensa îi este refuzată de cei în care avusese cea mai mare încredere ar fi fost devastator.

În propria-mi viaţă, am beneficiat de şansele care-i fuseseră refuzate tatălui meu. Trebuia să valorific la maximum acele oportunităţi, nu doar să merg pe calea mai uşoară, chiar dacă asta însemna să-mi pun sub semnul întrebării unele convingeri profunde.

Ca să pot demonstra valabilitatea ideii de multivers, trebuia să analizez atent raţionamentul antropic. Împreună cu colaboratorul şi prietenul meu Fred Adams, distinsul astrofizician de la Universitatea Michigan de la Ann Arbor, am decis să investigăm modul în care selecţia antropică şi fenomenul înrudit de reglaj fin al universului ar putea funcţiona în practică. Ca astrofizician, Fred ştie mult mai multe decât mine despre aspectele astrofizice ale stelelor şi galaxiilor, despre cum s-au format aceste structuri şi despre cum stelele au devenit fabrici care produceau elemente mai grele decât hidrogenul. Competenţa sa

avea să ne permită să aflăm dacă astfel de structuri s-ar forma în universuri care aveau condiţii foarte diferite de ale noastre, cum ar fi diferite intensităţi ale forţelor gravitaţională sau electromagnetică.

Pentru a înţelege baza selecţiei antropice a unui univers, am pus o serie de întrebări. Cum arată până la urmă un univers locuibil? Este un univers în care legile sunt universale şi unde constantele fundamentale ale naturii – cum ar fi constanta gravitaţională a lui Newton, sarcina electronului şi masa protonului – sunt fixe şi fin reglate pentru a-şi menţine exact aceleaşi valori pe care le observăm în universul nostru şi despre care ştim că au permis apariţia vieţii aici? Este un univers locuibil unul care conţine energie întunecată – care, după cum a descoperit Weinberg, ar putea fi necesară pentru a-l face locuibil?

Ne-am dat seama repede că, dacă un univers ar conţine energie întunecată, nu ar fi locuibil în viitorul îndepărtat. Ar fi dificil de justificat existenţa unui astfel de univers folosind argumente antropice. Un univers care conţine energie întunecată sfârşeşte prin a fi pustiu, rece, fără lumină, lipsit de viaţă şi incapabil de a crea structuri noi pentru că nu i se permite să-şi schimbe starea entropică, ceea ce ar avea drept rezultat moartea termică a tuturor structurilor şi observatorilor săi. Ar putea avea o perioadă relativ scurtă pentru

habitaţie, dar după aceea, îşi va petrece eternitatea într-o stare pustiită de moarte termică. Este exact scenariul opus celui care ar permite vieţii să dăinuie suficient de mult ca să fie martoră la crearea unui univers înfloritor.

Mai târziu, eu, Fred şi alţi doi colegi, fizicianul deschizător de drumuri Stephon Alexander de la Universitatea Brown şi Evan Grohs, pe atunci la Universitatea din Michigan, ne-am extins investigaţia legată de meritele argumentelor antropice. Neam pus întrebarea dacă valorile fin reglate ale constantelor naturii observate în universul nostru ofereau singurele condiţii posibile pentru viaţă. Pentru ca viaţa să ia naştere, avem nevoie de câteva cerinţe, inclusiv o anumită complexitate de cel puţin 10^15 particule în univers şi de stele cu viaţă îndelungată care să acţioneze ca fabrici de producere a unor elemente grele din elementele mai uşoare sub presiunea gravitaţională din nucleul stelei.

Rezultatul investigaţiei noastre ne-a surprins până şi pe noi. Universurile habitabile pot exista chiar dacă am mări sau am micşora foarte mult intensitatea gravitaţiei şi chiar dacă am schimba alte constante ale naturii (cum sunt constantele care controlează intensitatea electromagnetismului) de multe milioane de ori faţă de valorile lor cunoscute. Constantele naturii din

universul nostru, am conchis, nu sunt special selectate pentru a permite habitaţia. Şi mai rău pentru argumentul antropic, am constatat că universul nostru părea a fi doar la limită locuibil din perspectiva regulilor de selecţie antropice. Existau multe alte universuri posibile cu constante ale naturii foarte diferite de ale noastre, care ar fi avut o probabilitate mai mare de a permite apariţia vieţii.

Aceste descoperiri m-au convins şi mai mult că aplicarea principiului antropic echivala cu abandonarea ştiinţei. Cu toate acestea, susţinerea selecţiei antropice din peisaj a universului nostru continua să crească. Printr-o manevră nouă, peisajul teoriei corzilor era reutilat ca o justificare complicată pentru selecţiile antropice; vastitatea peisajului creştea şansele de găsire a unui univers adecvat antropic (adică, locuibil), în vreme ce restul posibilităţilor deveneau redundante.

Mie această cale de gândire mi s-a părut periculoasă; în opinia mea, existenţa universului nostru nu poate şi nu trebuie să depindă de cine o observă. Cum e posibil să ne alegem originea pur şi simplu pe baza habitaţiei noastre? Asta mi-a crescut motivaţia de a demonstra că răspunsul la problema originii universului nu impunea o argumentare antropică, ci putea fi obţinut pe bazele unor ecuaţii din fizică şi a legilor naturii.

De fapt, am ajuns să cred că răspunsul la întrebarea cum putem să ne întrezărim ştiinţific originea ne privea drept în faţă – se afla pe cerul de deasupra noastră.

După entuziasmul iniţial pe care găsirea unei soluţii ni l-a provocat, eu şi Rich neam văzut nevoiţi să revenim cu picioarele pe pământ. Aveam o teorie promiţătoare care, pentru prima dată, a găsit răspunsul la vechea enigmă privind şansele mici de existenţă ale universului nostru. Dar era o teorie a multiversului, un subiect care pentru mulţi fizicieni era inacceptabilă. Pentru a convinge comunitatea ştiinţifică – şi pe noi înşine – că ne aflam pe drumul bun, trebuia să găsim modalităţi de testare a acestei teorii. Trebuia să demonstrăm că multiversul putea să fie supus unei analize ştiinţifice şi să triumfe.

Comunitatea ştiinţifică era de multă vreme ferm convinsă că limita impusă de viteza luminii împiedica testarea multiversului, pentru că această limită ne dă voie să observăm numai obiectele aflate în cadrul orizontului universului nostru. Dar eu şi Rich nu ne-am lăsat descurajaţi. Teoria noastră potrivit căreia universul nostru îşi avea originea în multiversul peisajului cuantic se baza de deducţii matematice ce foloseau ecuaţia Wheeler-Dewitt din formalismul cosmologiei cuantice – singura teorie validă a gravitaţiei cuantice la momentul când universul nostru

era o particulă cuantică clocotind de energii înalte. Să ne amintim că am folosit ecuaţia lui Schrödinger când am calculat traiectoriile, să spunem, ale electronilor deplasându-se în spaţiu-timpul real sub influenţa unei energii potenţiale; ecuaţia Wheeler-Dewitt este echivalentul ecuaţiei Schrödinger în cazurile în care particulele cuantice, cum ar fi electronii în exemplul nostru, sunt ramuri ale funcţiilor de undă, adică atunci când sunt universuri-undă embrionare deplasându-se într-un spaţiu abstract al energiilor în locul unui spaţiu-timp fizic. Soluţiile ecuaţiilor Wheeler-Dewitt, la fel ca în mecanica cuantică, sunt proporţionale cu probabilităţile ca universul embrionar să se mişte pe o anumită traiectorie în acel spaţiu abstract al energiilor.

Desigur, eram conştienţi că deocamdată rezultatele noastre aveau un pronunţat caracter teoretic şi că pentru a fi luate în serios de comunitatea noastră era necesar să găsim modalităţi de testare a ei. Dar teoria noastră era despre originea universului nostru dintr-un multivers cuantic, ceea ce ne-a pus faţă în faţă cu cea mai dificilă chestiune: Cum putea fi testată o teorie a multiversului?

Investigaţiile ştiinţifice asupra unor probleme precum crearea universului, pe care nu le putem nici observa, nici reproduce şi testa în laborator, sunt

similare muncii de detectiv prin faptul că se bazează atât pe intuiţie, cât şi pe dovezi. Asemenea unui detectiv, pe măsură ce piesele de puzzle încep să se aşeze la locurile lor, cercetătorii pot să simtă intuitiv că răspunsul e pe-aproape. Asta am simţit când eu şi Rich încercam să găsim un mod de a ne testa teoria despre multivers. La nivel raţional, părea un pariu riscant, dar intuitiv părea realizabil.

În sfârşit, o potenţială soluţie mi-a răsărit în minte. Mi-am dat seama că cheia testării şi validării acestei teorii era ascunsă în inseparabilitatea cuantică, deoarece decoerenţă şi inseparabilitatea erau două feţe ale aceleiaşi monede! Puteam să derulez înapoi în timp povestea creaţiei până la rădăcinile ei din peisajul cuantic, când universul nostru undă era interconectat cu altele.

Ştiam deja că separarea – decoerenţă – ramurilor funcţiei de undă a universului (care apoi deveneau universuri individuale) era declanşată de *entanglementul* cu baia de fluctuaţii ambientală. Acum m-am întrebat dacă puteam calcula şi găsi vreo urmă a acestui *entanglement* incipient imprimat pe cerul din zilele noastre. Am putea oare să căutăm vestigii ale epocii peisajului – dovezi ale conversaţiei, ale comunicării cuantice dintre toate ramurile funcţiei de undă a universului care produseseră universuri

individuale?

Aceasta poate părea o contradicţie. Cum a fost posibil ca universul nostru să rămână interconectat cu toate celelalte universuri în tot acest timp de după Big Bang? Universul nostru trebuie să se fi separat de ele încă în prima etapă a existenţei sale cuantice. Dar, pe când mă luptam cu aceste chestiuni, mi-am dat seama că era posibil să ai un univers care a trecut prin decoerenţă de multă vreme şi care în acelaşi timp să-şi fi păstrat „deformările" infantile – schimbări minore ale formei cauzate de interacţiunea cu alte universuri supravieţuitoare, care au fost interconectate cu al nostru în primele sale momente – ca pe nişte semne din naştere identificabile. Cicatricile acestui *entanglement* iniţial trebuie să fie încă observabile în universul nostru de astăzi deoarece este pur şi simplu o versiune expandată a eului său embrionar.

Cheia se afla în *timing.* Universul nostru undă trecea prin procesul de decoerenţă cam în acelaşi timp în care următoarea etapă, universul-particulă, trecea prin propria sa inflaţie cosmică şi îşi începea existenţa. Tot ceea ce observăm pe cerul nostru de astăzi îşi are originea în fluctuaţiile primordiale produse în acele prime momente, care au loc în cele mai mici unităţi de timp măsurabil, cu mult mai puţin decât o secundă. În principiu, în acele momente, când *entanglementul* era

anulat, semnăturile sale se poate să fi rămas „ştampilate” pe inflaţie şi pe fluctuaţiile sale. Exista o şansă ca genul de cicatrici pe care mi le imaginam să se fi format în această perioadă scurtă. Iar dacă aşa s-a întâmplat, ele trebuiau să fie vizibile pe cer.

Înţelegerea modului în care cicatricile s-au format din *entanglement* este mai puţin complicată decât ne-am putea imagina. Am început prin a încerca să creez o imagine mintală a cicatrizării provocate de *entanglement* a cerului nostru. Am vizualizat toate universurile supravieţuitoare din ramurile funcţiei de undă a universului, inclusiv al nostru, ca pe un roi de particule împrăştiat prin tot multiversul cuantic. Întrucât toate conţin masă şi energie, ele interacţionează gravitaţional unele cu altele (prin atracţie), exact la fel cum mărul lui Newton a avut traiectoria sa de mişcare curbată de interacţiunea cu masa Pământului, care l-a ghidat astfel până la sol. Pe de altă parte, mărul a fost atras şi de Lună, de Soare, de toate celelalte planete din sistemul solar şi de toate stelele din univers. Masa Pământului a exercitat forţa cea mai mare, dar asta nu înseamnă că celelalte forţe nu există. Prin analogie, efectul net pe care *entanglementul* l-a lăsat pe cerul nostru este captat de atracţia combinată asupra universului nostru de către alte universuri embrionare. Similar cu atracţia slabă

exercitată de stele asupra celebrului măr, în prezent, semnele *entanglementului* în universul nostru sunt incredibil de mici relativ la semnele lăsate de inflaţia cosmică. Dar totuşi sunt acolo!

Voi recunoaşte că... am fost entuziasmată de simplul gând că, în mod potenţial, aveam o modalitate de a privi dincolo de orizontul nostru şi înainte de Big Bang! Prin propunerea mea de a calcula şi a urmări *entanglementul* pe cerul nostru, era posibil ca eu să fi descoperit, pentru prima dată, o modalitate de a testa multiversul. Lucrul care mă emoţiona cel mai mult legat de această idee era potenţialul ei de a face posibil ceea ce de secole am crezut că este imposibil – o fereastră observaţională pentru a privi în spaţiu şi în timp dincolo de universul nostru şi în multivers. Universul nostru în expansiune asigură cel mai bun laborator cosmic pentru descoperirea informaţiilor despre starea sa incipientă pentru că tot ceea ce observăm la scară mare în universul nostru de astăzi a fost prezent şi la începutul său. Elementele de bază ale universului nostru nu dispar cu trecerea timpului; nu fac decât să se redimensioneze odată cu expansiunea universului.

Şi iată de ce m-am gândit să folosesc inseparabilitatea cuantică ca test de turnesol pentru teoria noastră. Teoria cuantică conţine un principiu aproape sacru

cunoscut sub denumirea de „unitaritate”, potrivit căruia nicio informaţie despre un sistem nu se poate pierde vreodată. Unitaritatea este o lege a conservării informaţiei. Înseamnă că semnele privind *entanglementul* cuantic timpuriu al universului nostru cu alte universuri supravieţuitoare trebuie să existe şi astăzi. Astfel, în pofida decoerenţei, *entanglementul* nu poate fi niciodată şters din memoria universului nostru; este stocat în ADN-ul său originar. Mai mult, aceste semne au fost codificate pe cerul nostru încă din faza sa incipientă, din timpul de după ce universul a început ca o undă din peisaj. Urme ale acestui *entanglement* timpuriu se vor extinde pur şi simplu cu expansiunea universului, pe măsură ce universul devine o versiune mult mai mare a eului său embrionar.

Eram îngrijorată că aceste semnături, care fuseseră întinse de inflaţia şi expansiunea universului, vor fi foarte slabe. Dar, bazându-mă pe unitaritate, eram încredinţată că, oricât de slabe ar fi fost, erau conservate undeva pe cerul nostru sub forma unor încălcări locale sau abateri de la uniformitatea şi omogenitatea prezise de inflaţia cosmică.

După ce am discutat despre această posibilitate, Rich şi cu mine am decis să calculăm efectul inseparabilităţii cuantice asupra universului pentru a afla dacă lăsase

ceva urme în spate, apoi să le transpunem pe repede înainte din starea incipientă în prezent şi să obţinem predicţii pentru tipul de cicatrici pe care ar trebui să le căutăm pe cer. Dacă reuşeam să identificăm unde trebuia să le căutăm, puteam să le comparăm cu observaţiile efective. Şi, pentru prima dată, puteam să demonstrăm că multiversul poate fi testat.

Rich şi cu mine am început această investigaţie cu ajutorul unui fizician din Tokyo, Tomo Takahashi. L-am cunoscut pe Tomo la UNC Chapel Hill în 2004, când timp de un an ni s-au suprapus perioadele de studii. Îşi încheia studiile postdoctorale, pregătindu-se să preia un post de cadru universitar în Japonia, iar eu abia sosisem la UNC. Am interacţionat cu plăcere şi am observat standardele ridicate pe care Tomo le menţinea în activitatea sa şi atenţia excepţională pentru detalii. Ştiam că este familiarizat cu programul de simulare pe computer de care aveam nevoie ca să comparăm predicţiile bazate pe teoria noastră cu datele reale privind semnăturile materiei şi radiaţiei din univers. În 2005, l-am sunat pe Tomo, iar el a acceptat să colaborăm.

Împreună cu Rich şi Tomo, am decis că cel mai bun loc pentru a ne începe căutările era în RCM, radiaţia cosmică din domeniul microundelor, radiaţia

remanentă în urma Big Bangului. RCM este cea mai veche lumină din univers, un „eter” de radiaţie universal răspândit în tot cosmosul de-a lungul istoriei sale. Ca atare, conţine un fel de înregistrare exclusivă a primei milisecunde din viaţa universului. Iar acest martor tăcut al creaţiei este şi astăzi peste tot în jurul nostru, fapt care-l face să fie un nepreţuit laborator cosmic.

Energia fotonilor RCM din universul nostru actual este foarte scăzută; frecvenţele lor au un maximum în domeniul microundelor (160 gigahertzi), cam tot atât cât au fotonii din cuptorul de microunde când îţi încălzeşti mâncarea – de unde şi denumirea de microunde cosmice. Fotonii RCM din epoca prezentă „încălzesc” cerul nostru la temperaturi de circa 2,7 K sau -271°C. Dar, deşi RCM este extrem de rece, nu e suficient ca să nu poată fi observată. Trei experimente ştiinţifice internaţionale importante – sateliţii COBE, WMAP şi Planck, din anii 1990 până în prezent – au măsurat cu precizie excepţională RCM şi fluctuaţiile ei mult mai slabe. Chiar şi aici, pe Pământ, am întâlnit fotoni RCM. Într-adevăr, în epoca televizoarelor vechi, să vezi şi să auzi RCM era o experienţă zilnică: când schimbai canalele, puteai să observi „semnalul” RCM sub forma paraziţilor – acea imagine cu „purici” gri şi albi care apărea pe ecran.

Dar, dacă universul nostru a început numai din energie, ce putem vedea în fotonii RCM care să ne furnizeze o imagine a universului în formare? Aici, teoria cuantică şi, în mod specific, principiul de incertitudine al lui Heisenberg, ne oferă răspunsul. Potrivit acestui principiu, incertitudinea cuantică, manifestată ca fluctuaţii ale energiei iniţiale de inflaţie, este inevitabilă. Când universul îşi încetează procesul de inflaţie, este umplut brusc cu unde de fluctuaţii cuantice ale energiei inflatonului. Întreaga gamă de fluctuaţii, unele cu masă, altele fără, este cunoscută sub denumirea de perturbaţii ale densităţii. Undele mai scurte din acest spectru, cele care încap în interiorul universului, devin fotoni sau particule, în funcţie de masa lor (ceea ce reflectă fenomenul dualităţii undă-particulă).

Micile trepidaţii din ţesătura universului, care induc oscilaţii sau vibraţii slabe în câmpul gravitaţional, cunoscute ca unde gravitaţionale primordiale, deţin informaţii privind modelul particular de inflaţie care a avut loc. Ele sunt incredibil de mici, la o parte din circa zece milioane din intensitatea spectrului RCM, fiind astfel mult mai greu de observat. Dar sunt conservate în RCM.[23]

---

[23] Undele gravitaţionale primordiale nu sunt aceleaşi cu undele produse de contopirea găurilor negre, observate recent prin experimentul LIGO. Deşi au o

Animaţi de un optimism precaut, Rich, Tomo şi cu mine am început să lucrăm la prezicerea cicatricilor remanente din acest *entanglement* cuantic timpuriu, o operaţie pe care am denumit-o în glumă căutarea de „avataruri" ale multiversului peisajului cuantic în propriul nostru univers – urme ale altor universuri pe care le-am putea găsi pe cerul nostru sub forma unor semnături anormale. Aceasta ne-ar permite să depăşim graniţele pe care natura ni le-a impus prin limita vitezei luminii şi să aruncăm o privire în multivers. În curiozitatea noastră, eram ca nişte copii în faţa unei cutii de bomboane pe care abia aşteptam să o deschidem.

Folosind cosmologia cuantică, am calculat tăria *entanglementului* tuturor universurilor supravieţuitoare cu al nostru, din perioada sa de multivers al peisajului cuantic. Am adăugat această contribuţie la fluctuaţiile primordiale ale inflaţiei cosmice (care a dat naştere atât RCM, cât şi tuturor formelor de materie) şi i-am transferat proiecţiile de locaţie în universul din zilele noastre. Aceasta ne-a permis să deducem şi să previzionăm unde şi cum, în teoria noastră, RCM şi distribuţia materiei de pe cerul nostru actual sunt

---

natură similară, au origini diferite. Primele au fost produse în era primordială a inflaţiei cosmice şi sunt extrem de slabe; cele din urmă sunt produse în universul actual şi, prin comparaţie, sunt mult mai puternice *(n. a.).*

reglate şi modificate de contribuţiile anterioare ale *entanglementului.*

Spre deosebire de distribuţia uniformă şi omogenă a RCM şi a materiei furnizate de inflaţia cosmică, contribuţia *entanglementului* la cerul nostru varia cu distanţa – însemnând că nu era uniform distribuită în cosmos. Prin urmare, deşi contribuţiile inflaţiei cosmice şi *entanglementului* sunt combinate pe acelaşi cer, ele pot fi identificate separat. De fapt, când au fost observate, semnăturile *entanglementului* pe cerul nostru au devenit cunoscute ca „anomalii" deoarece perturbă, oricât de uşor, uniformitatea şi omogenitatea generale ale universului nostru. De aceea ele nu pot fi explicate prin modelul standard al cosmologiei – inflaţia cosmică – pentru un singur univers, a cărui predicţie esenţială este tocmai uniformitatea şi omogenitatea.

Pe scurt, estimarea modului în care *entanglementul* a modificat universul incipient pretutindeni în spaţiu-timp ne-a permis să prezicem locaţiile posibile pe cerul nostru ale acestor „anomalii". Aceste cicatrici provocate de *entanglement* au fost ghidul nostru către multivers. Aceste predicţii m-au intrigat cel mai mult; ele aveau potenţialul de a face posibilă detectarea observaţională. Totuşi, niciunul dintre noi nu a anticipat surprizele care ne aşteptau pe frontul observaţional. Până la acea dată, presupunerea noastră

fusese că puterea observaţională curentă nu era suficientă pentru a detecta semnăturile pe care le preziseserăm. Cu alte cuvinte, credeam că, probabil, nu vom şti dacă teoria noastră era corectă sau greşită în timpul vieţilor noastre.

A reieşit că amprentele observaţionale pe care *entanglementul* le-a lăsat pe cerul nostru sunt îndeajuns de puternice pentru a fi detectate. Ele declanşează abateri foarte specifice, moderate, de la uniformitatea şi omogenitatea inflaţiei cosmice. Prin intermediul cicatricilor lăsate de *entanglement* pe cerul nostru, am deschis o fereastră care ne-a permis să vedem şi să testăm o lume bogată situată dincolo de orizontul universului nostru: multiversul.

10
Amprentele altor universuri

Rich, Tomo şi cu mine ne-am luat până la urmă inima-n dinţi şi am trimis rezultatele spre publicare în 2005, într-un articol pe care l-am intitulat „Avataruri ale peisajului". Apoi am aşteptat cu sufletul la gură reacţiile colegilor noştri. Şi, o vreme, tăcerea a fost asurzitoare. În timpul aşteptării, îmi tot răsunau în minte versurile din poemul lui William Blake, *Augurii inocenţei:* „Ca să vezi lumea într-un fir de nisip/Şi raiul

într-o floare rară/Ţine nemărginirea în palmă/Şi eternitatea într-o oră".

Calculele noastre au condus la câteva predicţii de anomalii. Prima dintre ele era existenţa unui vid gigantic. În opinia noastră, în cerul îndepărtat de deasupra emisferei sudice se afla un vid primordial gigantic, un hău care semnifica o regiune aproape goală, din care stelele şi galaxiile sunt în mare măsură „eliminate". Pe hărţile temperaturilor RCM ale cerului, regiunile ultradense pline cu materie apar ca pete fierbinţi, în vreme ce regiunile pustii, sau vide, apar ca pete reci. În mod normal, o hartă a temperaturilor RCM ale cerului prezintă o împrăştiere uniformă de mici pete fierbinţi şi pete reci, bazată pe caracteristica de uniformitate a inflaţiei cosmice (cu toate că petele fierbinţi şi petele reci sunt împrăştiate aleatoriu, când sunt comparate unele cu altele, distribuţia lor ajunge să fie echilibrată, ceea ce le face uniforme).

Dar pata primordială rece pe care am prezis-o era diferită – era uriaşă! Ea acoperea o arie de zece grade, sau aproximativ o zecime din cerul nostru vizibil, care este de cel puţin zece ori mai mare decât oricare dintre petele RCM normale, fierbinţi sau reci, ce-şi au originea în inflaţia cosmică. Aceasta era o structură gargantuescă, pe care am numit-o Vidul Gigantic. Existenţa i-a fost prezisă de o deducţie matematică,

care a arătat că este o cicatrice rămasă de la naşterea universului nostru. Am mai prezis că s-ar afla cam la zece miliarde de ani-lumină distanţă.

Era o afirmaţie îndrăzneaţă şi, în mod firesc, eram neliniştiţi. În mod clar, un astfel de vid gigantic încălca principiul de uniformitate al inflaţiei cosmice. Într-adevăr, la acea dată, să vorbeşti despre o gaură gigantică în cerul nostru şi postulându-i legătura cu multiversul suna într-adevăr ridicol. Părea a fi calea cea mai sigură pentru observaţii viitoare care să demonstreze că ne-am înşelat.

Dar ne aşteptam să dureze o vreme până când acele observaţii aveau să fie adunate. Ne gândeam că telescoapele şi celelalte tehnologii observaţionale de pe Pământ, ba chiar şi sateliţii spaţiali, nu vor fi suficient de puternici pentru a vedea în univers cu suficiente detalii pentru a ne confirma (sau contrazice) predicţiile. Oricât de încrezători ne simţeam, eram aproape siguri că nu vom şti în timpul vieţilor noastre dacă teoria noastră era corectă sau greşită. Niciunul dintre noi nu a anticipat surprizele care ne aşteptau.

La o jumătate de an după publicarea primului nostru articol, „Avatarurile peisajului”, cu o listă a predicţiilor pentru cicatricile anormale şi locul unde se găseau acestea pe cerul nostru, o echipă de radioastronomi de

la Universitatea din Minnesota a depistat accidental exact tipul de vid gigantic pe care îi prezisesem, având exact dimensiunile şi poziţia pe care le prezisesem, Vidul Gigantic a fost observat din nou, după doi ani, în hărţile RCM create de experimentul WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe[24]), dar datele nu erau concludente. Astfel, timp de peste un deceniu, statutul Vidului Gigantic a fost subiectul unor dispute aprinse între oamenii de ştiinţă din comunitatea cosmologiei observaţionale.

În mai 2009, în anul sabatic de la UNC, pe când locuiam în Anglia ca profesor invitat la Universitatea Cambridge, împreună cu câteva zeci de alţi oameni de ştiinţă, am urmărit dintr-o sală de la Institutul de Cosmologie Kavli lansarea satelitului Planck al Agenţiei Spaţiale Europene. Numele satelitului a fost ales în onoarea lui Max Planck, unul dintre părinţii fondatori ai teoriei cuantice. I. A bordul satelitului se afla un telescop puternic conceput pentru a putea face cele mai exacte măsurători ale strălucirii blânde de lumină rămase în urma naşterii incendiare a universului nostru, RCM. Când numărătoarea inversă a început, o linişte stranie s-a lăsat peste încăpere. Lansarea a fost întâmpinată cu urale şi aplauze

[24] Sonda de anizotropie cu microunde *(n. trad.).*

zgomotoase. Planck pornise la drum.

În martie 2013, la patru ani de la începerea misiunii, satelitul Planck a transmis cele mai fin detaliate măsurători ale RCM cartografiate vreodată. Mă aflam din nou la Cambridge, de data asta pentru o conferinţă, şi ascultam rapoartele de presă, pregătindu-mă pentru veşti proaste. Probabil că datele şi observaţiile trimise de Planck excluseseră toate anomaliile de pe cer pe care Rich, Tomo şi cu mine le prezisesărm în 2005 şi 2006. Dar s-a întâmplat exact pe dos!

Harta realizată de Planck conţinea o bombă. Anomaliile de pe cerul nostru, inclusiv Pata Rece, nu ar fi putut fi create de nimic din universul nostru întrucât ar fi violat distribuţia uniformă a structurii aşteptate de la inflaţia cosmică într-un univers unic. Ele trebuiau să provină de la o sursă diferită, neinflaţionistă, din afara graniţelor sale.

Mai târziu în aceeaşi zi, eram programată să ţin o prelegere la o conferinţă. Când gazda conferinţei m-a prezentat, a remarcat în treacăt: „Cred că Laura a primit o veste bună în dimineaţa asta”.

A fost o veste bună într-adevăr. Aşa cum bănuiserăm, adevărul se afla chiar acolo pe cerul nostru şi ne aştepta. A reieşit că *entanglementul* chiar a lăsat amprente, iar aceste amprente sunt într-adevăr suficient de puternice pentru a fi detectate cu

tehnologia pe care o deţinem astăzi. Se pare că universul nostru nu a fost singur. Şi nu a fost nici doar o întâmplare fericită.

În afară de Pata Rece, Rich, Tomo şi cu mine preziseserăm alte şase anomalii. Conform calculelor noastre, majoritatea acestor anomalii ar fi cele mai puternice aproape de marginea universului nostru, pentru că acolo efectul net al *entanglementului* rămâne cel mai mare şi mai pur. La distanţe mai mici, am prezis noi, procesele violente şi neliniare ale formării stelelor şi galaxiilor, cum ar fi norii de gaz turbionari şi turbulenţa materiei în colaps, exploziile şi ejecţiile de material de la stelele explodate, erau atât de puternice, încât ar fi anulat orice urmă de semnale slabe provenite de la contribuţiile *entanglementului.*

La scări mai mari, am prezis un alt vid gigantic, de data asta de mărimea uneia dintre emisferele noastre, aşa cum este văzută din poziţia noastră de pe Pământ. Deşi are aceleaşi origini ca primul Vid Gigantic, acesta are dimensiuni mai mari, dar e mai slab ca intensitate. Acest al doilea vid gargantuesc acoperă jumătate de cer şi creează mici diferenţe între conţinuturile de materie ale celor două emisfere. Noi am anticipat că va apărea pe hărţile temperaturii observate ale cerului ca o diferenţă mică, o asimetrie (sau o disproporţie) între

conţinuturile medii de materie ale emisferelor nordică şi sudică. Şi am mai prezis că poate fi găsit prin studierea RCM.

Undele radiaţiei RCM sunt numite după armonicele muzicale şi se numesc multipoli. Cea mai mare undă RCM, monopolul, are o lungime de undă cam de două ori mărimea întregului univers şi ar fi echivalentul primei armonici sau armonica fundamentală; dipolul RCM ar fi echivalentul celei de-a doua armonici; cvadripolul RCM, cam cât un sfert din mărimea universului, ar corespunde celei de-a patra armonici şi aşa mai departe. O undă RCM cu o lungime de undă cam de mărimea universului, distanţa dipolului, este ceea ce împarte cerul nostru în două emisfere.

Efectul *entanglementului* asupra potenţialului gravitaţional al universului nostru este să epuizeze (în mod delicat) armonicele RCM de lungimi de undă mari. Această epuizare se manifestă ca o suprimare a spectrului RCM la armonicele cele mai joase, pe lângă micile diferenţe între emisfere în privinţa conţinutului de materie din univers, şi acesta este modul în care am dat peste al doilea vid gigantic, de mărimea unei emisfere.

Pentru a înţelege de ce *entanglementul* epuizează aceste armonici RCM, în loc să le amplifice, este util să ne întoarcem la analogia cu mărul lui Newton. La fel ca

atracţia exercitată de lună, planete şi toate stelele din univers asupra mărului, universurile embrionare supravieţuitoare din multiversul peisajului cuantic exercită o atracţie asupra universului nostru. Oricât ar fi de slabă, această atracţie va fi totuşi semnificativă şi observabilă la scările cele mai mari (primele dintre armonicele cele mai joase), acesta fiind motivul pentru care vidurile gigantice şi alte anomalii se găsesc la acele distanţe foarte mari.

Anomalia emisferică din RCM pe care am prezis-o a fost confirmată observaţional de satelitul Planck în 2013 şi 2015, la doi ani după ce a descoperit prima Pată Rece.[25]

Figura 13. Harta RCM observată de satelitul Planck al Agenției Spațiale Europene, care indică Pata Rece (încercuită) și asimetria conținutului de materie între cele două emisfere (separate de linia curbă). Când harta a fost dată publicității în 2013, anomaliile ei surprinzătoare se aflau în acord perfect cu predicțiile noastre referitoare la cicatricile de la nașterea universului care trebuia să fi rămas vizibile pe cerul nostru.

Pornind de la faptul că vestigiile *entanglementului* sunt mai puternice şi mai uşor de observat la distanţele

[25] În 2018, am făcut echipă cu un membru al colaborării experimentale a satelitului Planck şi, totodată, o astrofiziciană tânără şi excepţională din Italia, Eleonora di Valentino, pentru a verifica statutul predicţiilor din teoria mea comparându-le cu transmisia finală a setului de date de la Planck. Am constatat că observaţiile privind toate anomaliile erau în acord cu predicţiile *(n. a.).*

cele mai mari, am făcut o predicţie suplimentară potrivit căreia temperatura RCM ar fi mai scăzută la acele distanţe. Şi în acest caz, constatările observaţionale, inclusiv cele datorate satelitului Planck, arată că temperatura RCM la scările armonice cele mai joase (de dimensiunea universului până la marginile sale) este mai mică decât cea aşteptată. Şi nu doar temperatura este mai joasă; efectul net al *entanglementului,* la toate scările pe care le-am estimat, este să scadă intensitatea generală (amplitudinea) radiaţiei RCM inflaţioniste (cunoscută ca sigma 8) cu circa 20%. Observaţiile combinate ale RCM, inclusiv datele de la Planck, au confirmat şi această predicţie.

Una dintre celelalte semnături ale multiversului prezise de noi este legată de modelul standard al particulelor. Modelul standard al particulelor explică originea tuturor particulelor elementare cunoscute din natură, de la quarci la fotoni. Particulele elementare sunt „odraslele” unei singure particule fundamentale, particula Higgs, numită, câteodată, şi „particula lui Dumnezeu”. Particula Higgs a fost prezisă în 1964 de Peter Higgs de la UNC Chapel Hill, unde fusese invitat ca profesor vizitator de Bryce Dewitt. Particula Higgs există la energii de ordinul a un sfert de miliard de electron-volţi, sau teraelectron-volt (TeV). Particula a fost descoperită în 2012 la Large Hadron Collider

(LHC) din Elveţia. LHC este cea mai mare instalaţie din lume; este amplasată într-un tunel subteran circular, cu o circumferinţă de 27 de kilometri. Fasciculele de protoni parcurg tunelul de multe ori înainte de a se ciocni între ele frontal şi la viteză maximă. Energia de coliziune, de ordinul TeV, este cea mai mare energie care a fost produsă pe Pământ.

Din punct de vedere teoretic, particula Higgs are o problemă: energia ei poate creşte într-o manieră necontrolată şi poate destabiliza întregul univers. În anii 1970, fizicienii din domeniul particulelor elementare au postulat existenţa unei simetrii fundamentale ascunse a naturii, cunoscută ca supersimetrie, care ar forţa particula Higgs să rămână stabilă. După ce supersimetria şi-a îndeplinit misiunea de a proteja particula Higgs la energii superioare, are nevoie să fie stricată la energii mai mici şi în final să dispară pentru a permite particulei Higgs să se dezintegreze în quarci şi alte particule. Protejarea particulei Higgs prin intermediul supersimetriei era o teorie atractivă, iar LHC a fost proiectat pentru a-i testa existenţa.

În teoria noastră a multiversului peisajului cuantic, fiecare univers-undă are propria sa energie individuală, distrugătoare de supersimetric. Aceasta se întâmplă deoarece diferite universuri-undă se

localizează în diferite stări energetice ale peisajului şi, prin urmare, îşi încep energiile inflaţioniste de tip Big Bang la diferite scări. Dar, aşa cum am descoperit, aceste universuri-undă preferă să se stabilească pe stări înalt energetice ale peisajului, ceea ce ne-a determinat să conchidem că, dacă supersimetria ar exista şi distrugerea ei ar fi responsabilă pentru producerea acestor vacuumuri de peisaj de energii înalte, ar fi legată de energii mult mai mari decât energia Higgs anticipată. Prin urmare, am prezis că această energie de distrugere a supersimetriei nu va fi descoperită la nivelul de energie al particulei Higgs când a fost reprodusă de LHC, ci mai degrabă la un nivel de un miliard de ori mai mare. Şi, într-adevăr, Large Hadron Collider nu a găsit supersimetria la nivelul energiei Higgs.

În mai puţin de un deceniu, şase din cele şapte predicţii ale noastre au obţinut dovezi semnificative, dacă nu chiar fără drept de apel, pentru susţinerea lor. A şaptea predicţie, care implică mişcarea galaxiilor relativ la expansiunea universului (cunoscută sub denumirea de „curgere întunecată") rămâne o întrebare deschisă. Rezultatele observaţionale de la două echipe diferite au fost neconcludente, iar o echipă de astrofizicieni de la NASA care a observat curgerea întunecată încă nu şi-a încheiat proiectul din cauza

unor tăieri de fonduri. Sper că într-o bună zi vor reuşi să-şi reia activitatea.

Depăşind cu mult speranţele pe care le-am avut când am început să lucrăm, predicţiile noastre privind anomaliile provocate de inseparabilitate/*entanglement* au fost testate şi observate. Mai mult decât atât, observarea Petei Reci a fost precisă la un nivel suficient de ridicat de încredere pentru a fi considerată o descoperire. (în fizică, diferenţa dintre o constatare observaţională şi o descoperire este legată de o estimare statistică a nivelului de încredere în acea constatare, denumit sigma. O valoare sigma mai mare decât 4 indică o descoperire, deoarece înseamnă că eroarea din acea observaţie anume este extrem de scăzută şi, prin urmare, nivelul de încredere în rezultat este foarte mare – ceea ce în vorbirea curentă s-ar numi „fără nicio urmă de îndoială". Observarea Petei Reci a avut o valoare sigma de aproape 5.)

Dar înseamnă asta că avem demonstraţia completă pentru originea universului nostru dintr-un multivers cuantic? Nu. Natura îşi păzeşte cu străşnicie secretele!

Unul dintre obstacolele întâmpinate de trecerea de la dovezi la demonstraţia multiversului nu constă în disputele privind modelele noastre sau tehnologia folosită; este o problemă statistică şi este cunoscută sub

denumirea de variantă cosmică.

Din punct de vedere statistic, cu cât avem la dispoziţie mai multe probe de măsurat, cu atât mai demne de încredere sunt concluziile noastre. De exemplu, dacă măsurăm o proprietate a unei galaxii – să spunem, temperatura acesteia, atunci cu cât galaxiile asupra cărora ne putem efectua măsurătorile sunt mai multe şi mai similare, cu atât mai de încredere devin constatările noastre. Să presupunem că astrofizicienii au o teorie a formării galaxiilor care prezice că temperatura acestora trebuie să fie cam de o jumătate de milion de grade. Dacă au la dispoziţie o singură galaxie de măsurat şi descoperă că predicţia lor este corectă, adică temperatura este de o jumătate de milion de grade, atunci ei vor fi mulţumiţi, dar conştienţi totodată că ar putea fi vorba de o întâmplare fericită. Statistic vorbind, dacă au o singură probă, şansa lor de a avea dreptate este de doar 50%. Cine poate spune că, dacă ar măsura o a doua galaxie, ar găsi aceeaşi temperatură? Totuşi, dacă măsoară un miliard de galaxii şi găsesc că majoritatea temperaturilor se situează în jurul a o jumătate de milion de grade, atunci şansele de eroare sunt foarte mici – de fapt, sunt de numai una la un milion. Acea rată a erorii este atât de scăzută, încât constatarea lor e considerată concludentă şi devine o descoperire.

Problema cu cosmologia este că, atunci când vorbim despre căutarea semnăturilor aflate aproape de orizontul universului, cum ar fi armonicele RCM cele mai joase, avem doar o singură probă, doar un univers asupra căruia să efectuăm această măsurătoare: al nostru. Nu ne putem repeta măsurătorile într-un miliard de universuri. În pofida tehnologiei sofisticate, vom avea mereu o rată mare a erorii statistice la distanţele cele mai mari pentru că putem măsura doar un singur univers. Aceasta este varianţa cosmică. Prin urmare, deşi toate experimentele RCM au găsit aceste anomalii la scară mare, această detecţie este însoţită de o eroare statistică inerent mare. Nu putem depăşi problema varianţei cosmice prin îmbunătăţirea tehnologiei; este o problemă statistică, una care va fi mereu prezentă pentru că avem un sigur univers pe care-l putem măsura.

În tot cazul, dovezile observaţionale care ne susţin cele şase predicţii stabilesc într-un mod covârşitor că suntem parte a unui multivers. Mai întâi, deşi este posibil să construieşti un model care să explice *una* dintre aceste anomalii după ce a fost observată, construirea unui model care nu doar să explice, ci şi să prezică *toate cele şase* anomalii retroactiv şi simultan în cadrul unei singure teorii este aproape imposibilă. Şi mai important este faptul că a face predicţii corecte

înainte ca rezultatele observaţionale să fie cunoscute – în loc să explici anomaliile după ce au fost observate – ar trebui să fie în acelaşi timp elocvent şi convingător.

În al doilea rând, să ne amintim că două predicţii prioritare ale inflaţiei de tip Big Bang sunt uniformitatea şi omogenitatea. Semnificaţia anomaliilor noastre observate este că încalcă acest principiu al uniformităţii; ele nu pot fi explicate printr-un singur univers inflaţionist produs doar în urma inflaţiei cosmice. Aceste anomalii necesită o a doua sursă, care a afectat suplimentar formarea RCM şi a tuturor structurilor din universul nostru – o prezenţă care, după cum eu şi colaboratorii mei argumentăm, în mod convingător, sper, este un multivers cuantic.

Există limite stabilite de natură în căutarea dovezilor şi a demonstraţiilor în favoarea multiversului. Din cauza limitei impuse de viteza maximă a luminii, nu putem observa direct structuri de dincolo de orizontul universului nostru. În acelaşi timp, varianţa cosmică ne limitează încercarea de a măsura distanţele în apropiere de orizontul universului. Înseamnă asta să renunţăm la speranţa de a deduce vreodată informaţii despre multivers? Eu nu cred că e cazul. Să considerăm următorul exemplu. Dacă te uiţi la braţul tău, nu poţi vedea nici atomii, nici protonii, neutronii şi electronii dinăuntrul acestor atomi. Dacă te uiţi la imaginea ta din

oglindă, nu poţi să vezi electronii care îţi zboară prin cap când neuronii sunt activaţi. Cu toate acestea, gândirea ta conştientă îţi transmite să nu te îndoieşti nicio clipă că eşti alcătuit din atomi. Nu pui la îndoială adevărul atomilor din corpul tău pentru că ştii teoria care a fost testată în laboratoare şi pe cer: modelul standard al cosmologiei în tandem cu modelul standard al particulelor. Ştii că aceasta oferă un răspuns coerent pentru întregul lanţ de evenimente care a condus la apariţia oamenilor. Nu ai avea nevoie să testezi modelul standard al particulelor sau al cosmologiei pe propriul tău corp ca să ştii că acestea sunt corecte.

În mod similar, teoria noastră privind universul ca parte a multiversului cuantic oferă o explicaţie temeinică şi coerentă atât a existenţei noastre, cât şi a ceea ce se află dincolo de aceasta, şi face o serie de predicţii care sunt confirmate de toate observaţiile noastre. Teoria noastră a demonstrat că răspunsul la problema originilor noastre poate fi dedus şi, folosind inseparabilitatea cuantică, a propus un mod de testare ştiinţifică a existenţei multiversului. Iar aceste motive sunt suficiente ca să mă facă să cred în existenţa unui cosmos mai vast, mai complex şi mai frumos din care universul nostru este doar o mică parte.

Demonstrând matematic că cea mai probabilă cale de

a începe un univers este de la energiile înalte dintr-un peisaj de posibilităţi şi arătând cum se poate testa faptul că originea sa este într-un multivers cuantic, ceea ce am reuşit să realizez alături de Tomo şi Rich se remarcă printr-un contrast vădit cu estimările anterioare, care dădeau existenţei universului nostru o şansă apropiată de zero. În schimb, am putut să demonstrăm că universul nostru nu este deloc special! Am argumentat în această carte că inflaţia cosmică este o poveste incompletă a universului nostru deoarece nu îi poate explica originea. Teoria noastră oferă o completare a modelului standard al cosmologiei prelungind povestea cosmică până la momentul de dinaintea Big Bangului şi până la domenii de dincolo de universul nostru. Ea oferă o poveste coerentă, care poate fi urmărită pas cu pas în evoluţia universului nostru, de la începutul ca pachet de unde cuantice stabilit pe unele vacuumuri ale peisajului prin explozia sa inflaţionistă de tip Big Bang şi creşterea într-un univers mare şi clasic, care păstrează pe cerurile sale cicatricile originii sale din multiversul cuantic.

Pe măsură ce multiversul s-a mutat în domeniul studiului ştiinţific, cercetătorii au devenit tot mai conştienţi că scenariul universului unic era extrem de problematic. Indicii privind multiversul au fost prezente tot timpul, dar au rămas nesesizate din cauza

prejudecăţilor şi concentrării asupra teoriei tuturor lucrurilor.

Astăzi, această stare de lucruri pare să se schimbe. În timp ce scriam această carte, mulţi oameni de ştiinţă care au lucrat cândva la o teorie a universului unic au schimbat taberele şi acum lucrează la modele ale multiversului întru înţelegerea originilor noastre ca fiind doar un singur capitol dintr-o poveste cosmică mai mare. Ceea ce ani de-a rândul, ba chiar timp de milenii a fost considerată o idee radicală a ajuns acum o idee normală şi acceptată. Şi, în ciuda predicţiei regretatului Stephen Hawking conform căreia o teorie a tuturor lucrurilor pentru un singur univers va fi descoperită înainte de anul 2000, el însuşi, asemenea multor colegi de-ai săi, a început să lucreze la o teorie a multiversului în secolul XXI.

Ştiinţa traversează pragul cunoaşterii spre momentul creaţiei şi spre timpul de dinaintea acesteia, iar ceea ce descoperim este pe cale să răstoarne secole de teorii mult preţuite. Ne aflăm într-un moment fără precedent din istoria ştiinţifică pentru că, pentru prima dată, regulile naturii şi originea cosmosului nu sunt doar un construct teoretic – ele pot fi testate şi demonstrate. Mai mult, această schimbare de paradigmă de la universul unic la mai multe universuri mută ştiinţa de la căutarea unei megateorii la cea a unui multivers; extinde

principiul copernican la întregul univers. Dacă va trece toate testele, va fi una dintre cele mai importante descoperiri din istoria omenirii.

11
Infinitate şi eternitate

În anii care au urmat debutului teoriei noastre privind multiversul, cercetările legate de acesta au trecut de la periferia cosmologiei aproape de centru, devenind un domeniu foarte activ şi popular. Teoria mea despre multivers, cândva considerată o ipoteză excentrică, este acum departe de a fi singura.

Interesant este că una dintre aceste teorii alternative ale multiversului provine chiar de la Roger Penrose, fizicianul care mi-a inspirat căutările cu mulţi ani în urmă şi cu care ne-am întâlnit prima oară în cuprinsul acestei cărţi ca fiind unul dintre cei mai vajnici susţinători ai unui univers unic explicat printr-o teorie a tuturor lucrurilor.

În 2007, la trei ani după ce am propus teoria mea privind multiversul, l-am invitat pe Roger la UNC Chapel Hill. Tocmai fusese observat un vid gigantic, iar eu eram entuziasmată de această evoluţie spectaculoasă. Voiam să discut cu Roger şi să obţin de la el o reacţie, mai ales pentru că el fusese totodată şi un

lider mondial al eforturilor de găsire a unei teorii a tuturor lucrurilor. Astfel că, deşi îi respectam opinia, mă aşteptam şi la o rezistenţă din partea lui.

L-am preluat pe Roger de la aeroport şi l-am dus cu maşina spre hotelul din campus unde urma să se cazeze. Mi-a spus că, după ce călătorise toată ziua, ar vrea să mănânce ceva. În timp ce conduceam, îi ascultam poveştile de călătorie cu aparent interes, dar eram panicată în sinea mea, ştiind prea bine că şansele de a găsi un local deschis la acea oră târzie într-un orăşel precum Chapel Hill nu erau foarte mari. Bucătăria hotelului se închisese deja, iar bucătarul şi restul personalului plecaseră acasă. Eu şi Roger am pornit-o agale pe strada principală, Franklin Street, încercând să găsim un restaurant deschis. După vreun kilometru şi jumătate, am zărit un restaurant turcesc denumit Talulla's. Patronul tocmai punea pe uşă semnul de „închis". M-am dus repede la el şi l-am rugat să mai ţină restaurantul deschis, explicându-i că aveam un musafir foarte important şi că trebuia să-i ofer ceva de mâncare. Amabilitatea şi ospitalitatea patronului au salvat ziua. Fără ezitare, ne-a primit în local şi şi-a cerut scuze pentru că n-avea decât aperitive reci; cuptoarele fuseseră închise. După ce ne-am aşezat la o masă, patronul ne-a adus mai multe asemenea aperitive, apoi s-a aşezat la bar cu o bere, aşteptând

răbdător ca noi să ne terminăm cina.

Unul dintre aspectele cele mai plăcute când discuţi o problemă dificilă cu Roger, chiar şi când suntem în dezacord, este felul în care răzbate pasiunea sa extraordinară pentru fizică. Este ca un băieţel de cinci ani într-un magazin cu jucării, căruia i s-a spus că poate să-şi ia de-acolo orice doreşte. Am discutat recenta criză a peisajului, iar eu i-am împărtăşit opinia mea despre multivers, după care Roger mi-a vorbit entuziasmat despre ideea sa privind universurile secvenţiale.

În modelul lui Roger, începutul şi sfârşitul universului sunt conectate într-o secvenţă. Roger preconizează că, în viitorul îndepărtat şi din cauza energiei întunecate, universul nostru se va goli complet; toţi observatorii vor suferi o moarte termică de amploare cosmică, iar universul nostru îşi va menţine pentru totdeauna o entropie constantă. Conform legilor fizicii, timpul se va opri; nu putem construi ceasuri într-un univers în care nimic nu se schimbă. Universul este atât de static – atât de mare, uniform, omogen şi gol –, încât putem să-i reducem dimensiunile la scară, de la mare la mic, fără să pierdem nicio informaţie. (în limbaj matematic, această redimensionare a universului şi a întregului său conţinut se numeşte „transformare conformă”.) Când

redimensionăm, obţinem părticică omogenă de spaţiu conţinând o cantitate foarte mare de energie, despre care ştim acum că va exploda din nou într-o creştere inflaţionistă, va trece prin istoria tipică a universului şi apoi, în viitorul îndepărtat, se va goli, va îngheţa şi o va lua de la început.

În propunerea lui Roger, universul continuă să repete aceste cicluri – întrucât inflatonul de la început şi energia întunecată de la sfârşitul vieţii universului sunt identificate ca fiind o sursă unică –, producând un număr infinit de universuri secvenţiale sau, după cum le numeşte Roger, eoni. Fiecare eon este un univers; prin urmare, o mulţime de universuri dispersate în timp este în acelaşi timp un multivers. Interesant este faptul că, întrucât ceasurile îngheaţă la finalul fiecărui ciclu, teoria lui Roger nu încalcă a doua lege a termodinamicii pentru că săgeata timpului se resetează în fiecare eon. Dar asta vine cu inconvenientul de a avea un multivers secvenţial, unul în care universurile sunt produse unul după altul.

În timp ce discutam surescitaţi şi scriam diagrame şi ecuaţii pe şerveţele de hârtie „achiziţionate" de pe mesele goale din preajmă, mă uitam cu un ochi la patron, care stătea tot la bar, bându-şi a treia bere şi discutând la telefon cu familia sa în turcă, încercând totodată să nu se uite la noi ca un semn că ar trebui să

ne grăbim. Dar, din păcate pentru el, încă mai aveam multe de vorbit.

Către finalul cinei noastre, mi-am dat seama că, oricât de motivat ar fi fost Roger să găsească o teorie unificată a unui singur univers, modelul lui producea în mod accidental un multivers; într-adevăr, un număr infinit de universuri secvenţiale. Aşa încât şi acesta producea un multivers, dar mulţimea lui de universuri exista în timp, mai degrabă decât în spaţiu. I-am semnalat acest lucru şi am încercat să-l conving că toate încercările noastre de a rezolva misterul originii universului nostru se vor încheia mereu cu un multivers – inclusiv modelul lui. Am dezbătut acest aspect ore în şir şi până la urmă am plecat din restaurant în jurul orei unu – dar nu înainte de a-i mulţumi din toată inima patronului.

Discuţia mea cu Roger din acea seară petrecută la Talulla's rămâne una dintre cele mai memorabile din punct de vedere intelectual pe care le-am avut vreodată. De atunci, eu şi Roger ne-am întâlnit şi am dezbătut în public originea universului în numeroase ocazii. Într-una dintre cele mai recente discuţii, el a anunţat că şi-a revizuit „numărul ridicol" referitor la probabilitatea existenţei universului nostru – l-a crescut de la 10 la puterea 123 la 10 la puterea 124!

Evitarea legii a doua a termodinamicii de către

multiversul lui Roger este pe de-a-ntregul originală, dar există şi altele care au rivalizat cu el din perspectiva noutăţii. Pe o traiectorie oarecum similară cu Roger, Andrei Linde şi Alan Guth, părinţii fondatori ai inflaţiei cosmice, au încercat să rezolve problema originii universului încă din ziua în care au realizat că modelul lor de inflaţie cosmică producea problema insurmontabilă a originii sale, după cum demonstrase Roger. De fapt, Linde a fost primul care a propus viziunea unui univers care se reproduce la infinit, un alt tip de multivers secvenţial. Linde a argumentat că, dacă inflaţia cosmică poate avea loc spontan o dată, atunci ar putea să se repete la nesfârşit, tot în mod spontan. Un univers unic s-ar putea multiplica pentru a produce noi universuri-bule care apoi se ramifică şi continuă să se reproducă în mod similar, creând încă o progenitură. (Universul nostru cvadridimensional este plat, aşa cum am menţionat, dar în cele trei dimensiuni spaţiale ale sale el arată ca o sferă. De unde şi termenul de *univers-bulă,* care se referă la forma tridimensională a universului nostru şi nu la geometria sa plană, cvadridimensională.) Dacă avem la dispoziţie eternitatea, atunci avem tot timpul din lume ca să aşteptăm să aibă loc alte episoade de inflaţie, care să producă noi universuri-bulă. Fiecare univers-bulă explodează spontan dintr-un petic al celui precedent,

care la rândul lui s-a umflat şi s-a ramificat dintr-un petic al predecesorului său şi aşa mai departe.

Teoria inflaţiei eterne a lui Linde este o viziune organică atrăgătoare asupra multiversului. Cea mai apropiată comparaţie este, într-adevăr, una naturală – asemenea unui copac foarte bătrân, din care continuă să crească în fiecare an ramuri şi frunze noi, acest univers inflaţionist va continua să reproducă la nesfârşit noi universuri-bulă.

Dar această teorie prezintă o problemă familiară: ne împiedică să examinăm originile universului, exact la fel cum a făcut teorema singularităţii propusă de Penrose şi Hawking postulând că nimic, dar absolut nimic nu a existat înainte de creaţie. În cadrul teoriei inflaţiei eterne, reconstruirea originii universului din universurile-părinte până la baza arborelui lor genealogic este ca şi cum ai încerca să reconstitui originea unei singure frunze până la primul lăstar răsărit din sămânţa unui copac infinit de înalt şi de bătrân, pe care a apărut acea frunză. Un univers care se reproduce veşnic ne-ar purta de la un univers-bulă la următorul, toate ramificându-se din alte universuri-bulă, până la trecutul infinit, ascuns sub un număr infinit de origini ale tuturor celorlalte universuri-bulă care au apărut înaintea lui. Pe scurt, începuturile noastre devin imposibil de găsit deoarece

primul moment al creaţiei este ascuns în trecutul etern.

De curând, comunitatea universului inflaţionist a căutat moduri de testare a inflaţiei eterne. Cercetătorii fac asta recurgând la ceva şi mai straniu decât inseparabilitatea cuantică pe care am folosit-o ca mecanism de testare în teoria mea. În inflaţia eternă, universurile-bulă, fiind produse în mod continuu, sfârşesc prin a se ciocni unele cu altele. Astfel, testarea inflaţiei eterne se bazează pe supoziţia că ciocnirile dintre universul nostru şi alte universuri-bulă vor crea „fracturi" – un alt gen de amprentă pe cerul nostru. Bineînţeles, în majoritatea acestor cazuri, ciocnirile dintre două universuri-bulă vor fi catastrofale, iar noi nu am mai fi aici ca să vorbim despre ele. Dar, conform colegilor susţinători ai inflaţiei eterne, a fost posibil să se „aranjeze" lucrurile în manieră antropică, astfel încât ciocnirile dintre universul nostru şi alte bule să fie atât de uşoare încât să nu ne distrugă universul.

Aceste idei nu m-au convins. Din punct de vedere observaţional, dacă două sfere sau două universuri-bulă se ciocnesc uşor între ele, pe baza simetriei lor, ne-am aştepta să vedem undele pe care le produc pe suprafeţele lor; ar arăta ca nişte cercuri concentrice formându-se succesiv dinspre punctul de impact. Deocamdată, aceste tipuri de unde nu au fost observate pe cerul nostru.

Până la urmă, curiozitatea mea a avut câştig de cauză. În 2013, împreună cu Malcolm Perry, un coleg de la Departamentul de Matematică Aplicată şi Fizică Teoretică de la Universitatea Cambridge, am hotărât să încerc să înţeleg inflaţia eternă. În mod specific, voiam să investigăm dacă inflaţia eternă era într-adevăr eternă şi dacă ar putea fi unificată cu teorie pe care Tomo, Rich şi cu mine o prezentaserăm cu privire la originea universului din multiversul peisajului cuantic. Într-o astfel de eventualitate, am fi putut să ajungem la o imagine unică, o teorie unificată a multiversului.

Teoria inflaţiei eterne se bazează pe fluctuaţiile cuantice aleatorii ale vechiului nostru prieten, particula numită inflaton. Uneori, aceste fluctuaţii pot face ca inflatonul să sufere spontan un salt energetic, creând energii suficient de mari ca să declanşeze un Big Bang local şi, prin urmare, să producă un univers-bulă. Dar saltul inflatonului la energii mari nu este suficient pentru a produce un univers-bulă Pentru ca inflatonul să producă un univers, fluctuaţiile de energie ridicată au nevoie de asemenea să găsească o regiune minusculă, excepţional de omogenă, un „teren” de calitate superioară pe care să iniţieze acest univers-bulă.

Pe de altă parte, producţia de universuri-bulă multiple face ca spaţiul ambient să fie din ce în ce mai

grosier, aşa încât devine tot mai greu să se găsească acel teren omogen, de bună calitate, şi din ce în ce mai dificil, dacă nu imposibil, să se producă universuri-bulă suplimentare. O bună analogie este cea cu un patinator care încearcă să patineze pe o gheaţă pe care se depun mizerie şi particule; când gheaţa nu mai este netedă, patinatorul nu-şi mai poate efectua alunecarea lin. Astfel încât, patinatorul nostru va fi forţat să se oprească brusc din cauza frecării produse la contactul dintre lama ascuţită a patinei şi acumularea grunjoasă de pe suprafaţa gheţii. În mod similar, reproducerea universului devine mai dificil de continuat dacă spaţiu-timpul este din ce în ce mai „neregulat”. Malcolm şi cu mine am descoperit că, în acest scenariu, inflaţia eternă încetează până la urmă. Aparent, construirea unui multivers este mai dificilă decât pare.

Din frecventele discuţii avute cu regretatul meu prieten şi coleg Stephen Hawking, am putut observa cât de repede se schimba gândirea ştiinţifică despre multivers. Hawking, care şi-a petrecut cea mai mare parte a vieţii sale lucrând la o teorie a tuturor lucrurilor, fiind unul dintre liderii emblematici ai acesteia, a adoptat iniţial viziunea unei selecţii antropice a universului nostru din peisajul teoriei

corzilor. Treptat, el s-a îndepărtat de teoria tuturor lucrurilor şi a devenit deschis faţă de posibilitatea unui multivers prin investigarea inflaţiei eterne. Totuşi, după ce s-a convins că modelul inflaţiei eterne era şi el problematic (lucru pe care l-a făcut, independent de Malcolm şi de mine şi din motive diferite), a început să exploreze un model nou. În ultimii ani ai vieţii, Hawking lucra activ la fizica multiversului.

Convertirea lui Hawking la teoria multiversului indica schimbarea radicală care avea loc în domeniul fizicii pe măsură ce noul mileniu progresa. Ceea ce cândva fusese o idee marginală pătrunsese de-acum în gândirea acceptată.

Ca să fiu corectă, în primii ani de lucru la teoria multiversului, nu eram o anomalie totală. Un alt susţinător independent al paradigmei multiversului a fost distinsul fizician teoretician de la MIT Max Tegmark; el a sugerat că multe dintre misterele profunde ale fizicii, de la energia întunecată la existenţa vieţii, ar putea fi explicate mai bine dacă universul nostru n-ar fi singurul. Tegmark a susţinut ideea unui multivers matematic – un multivers în care toate obiectele matematice posibile, văzute şi nevăzute, de la, să spunem, un univers în formă de gogoaşă americană la un monstru zburător din spaghete, au dobândit o existenţă fizică. Este o concepţie fascinantă bazată pe

argumente entropice, cu implicaţii filosofice profunde, dar teoria multiversului matematic este mai dificil de testat observaţional decât teoria multiversului peisajului cuantic propusă de noi.

Teoria lui Tegmark şi cele ale lui Hawking, Guth şi Linde, precum şi cea a lui Penrose sunt doar cele mai populare modele ale multiversului. Astăzi există multe altele. Dar lucrul pe care îl au toate aceste teorii în comun este faptul că postulează ceva care în urmă cu şaizeci de ani era considerat de neconceput în cel mai bun caz şi o erezie în cel mai rău dintre cazuri – ideea că nu avem nevoie de o teorie a tuturor lucrurilor pentru universul nostru singular; în schimb, noi existăm într-un multivers.

Cu câţiva ani în urmă, dezbăteam această schimbare la festivalul Howthelightgetsin, de la Hay-on-Wye din Marea Britanie, cu un oponent conservator al multiversului. Exasperat de argumentele în favoarea multiversului, el ne-a declarat mie şi publicului: „Dar jumătate din comunitatea fizicienilor nu crede într-un multivers!" A făcut o scurtă pauză pentru a permite afirmaţiei lui grave să fie asimilată, iar eu, pentru a destinde atmosfera, am răspuns în glumă: „Deci eşti de acord că cealaltă jumătate a comunităţii *crede* în existenţa multiversului?" Toată lumea a râs. Şi, în sinea mea, am ştiut că amândoi aveam dreptate.

Filosoful german Arthur Schopenhauer a găsit formularea cea mai bună când a spus: „Adevărul trece prin trei etape. Mai întâi este ridiculizat. Apoi este contrazis violent. În final, este acceptat ca fiind de la sine înţeles”. Astăzi, mulţi oameni de ştiinţă consideră ca de la sine înţeleasă posibilitatea ca mai mult de un singur univers să facă parte din cosmosul nostru. Pentru prima dată, avem la dispoziţie ceea ce este necesar pentru a ne uita pe cer de pe mica noastră planetă, ca să vedem şi să testăm implicaţiile profunde ale teoriei cosmice, dincolo de orizontul universului nostru unic. Acum, din interiorul universului nostru finit şi efemer, putem în sfârşit să atingem infinitul şi eternitatea.

Epilog
Un loc în care să visezi

În istoria ştiinţei, inclusiv cea a secolului XXI, descoperirile au fost de multe ori făcute prin despărţirea de teoriile consacrate – chiar dacă, bine intenţionaţi, oamenii de ştiinţă n-au vrut să facă asta. În definitiv, nu e uşor să te rupi de curentul principal de gândire. Teoriile consacrate sunt cele cu care un om de ştiinţă creşte, este inspirat de ele şi nu se poate descurca în absenţa lor. Adesea, ele sunt partenerul pentru toată

viaţa şi cel mai bun prieten al omului de ştiinţă. În acelaşi timp, descoperirile sunt rodul minţii omului de ştiinţă, ispita care l-a atras de la bun început şi moştenirea care îi supravieţuieşte. Cei norocoşi au una sau două idei revoluţionare în timpul vieţii lor.

Adesea totuşi exaltarea produsă de o idee revoluţionară este pusă la încercare de dorinţa de a fi loial teoriilor consacrate. La astfel de încercări au fost supuşi fondatorii teoriei cuantice, Planck, Einstein, Bohr, Heisenberg şi Schrödinger, precum şi alţi mari oameni de ştiinţă ai generaţiei lor. Confruntaţi cu acest test, cel puţin, multe dintre acele minţi strălucite au dat greş – la început.

În astfel de situaţii, oamenii de ştiinţă se lovesc de o dilemă: trebuie să aleagă între propriile teorii şi cele consacrate, cele pe care s-a clădit opera lor. Este o alegere aproape imposibilă.

Totuşi, oricât de dificil ar fi, orice om de ştiinţă demn de acest nume va alege la fel, şi anume va porni pe calea investigaţiei, a cunoaşterii, a experimentului, oricât de abrupt ar putea fi urcuşul. Lucrurile n-au stat diferit pentru părinţii fondatori ai teoriei cuantice. La început s-au împotrivit rupturii de determinismul fizicii clasice. Dar, după ce s-au convins că deţin răspunsul corect, ei au făcut inimaginabilul. Integritatea ştiinţifică a trecut peste austeritatea rigidă.

Aşa că s-au ridicat cu curaj împotriva puterii fizicii clasice. Au trecut temerari în tărâmul cuantic şi au schimbat pentru totdeauna felul în care oamenii gândesc despre lumea lor.

Poate că teoria multiversului este pe cale să producă o nouă schimbare de paradigmă, modificând pentru totdeauna felul în care ne gândim la lumea noastră şi la locul nostru în ea. Ştim că universul nostru nu este etern şi nici infinit de mare. Are un început în urmă cu 13,8 miliarde de ani şi a crescut până la circa 10^27 centimetri – dimensiunea sa actuală. Acestea sunt numere mari, dar cu siguranţă că nu sunt de neconceput pentru minţi ca ale noastre. Avem tot dreptul să ne întrebăm ce a existat în cosmos cu 15 miliarde de ani în urmă şi cum arată cosmosul la 10^32 centimetri, dincolo de orizontul universului nostru. Avem tot dreptul să ne întrebăm – şi să investigăm.

Cosmologia nu este un domeniu nou. De fapt, este printre cele mai vechi activităţi intelectuale ale omenirii. Toate tradiţiile mitologiei antice conţin poveşti despre originea universului, uneori bazate pe zei şi pe forţe supranaturale, alteori pe observaţii ale cerului nopţii combinate cu gândire critică. Fiinţele umane şi-au pus întrebări iscoditoare despre cosmos cu mult înainte ca telescoapele, computerele, ecuaţiile lui

Einstein şi teoria cuantică să fi existat.

Nu ne putem prefigura viitorul fără o hartă a trecutului, iar trecutul are câteva lecţii foarte surprinzătoare pentru prezentul nostru. Multe dintre modelele şi teoriile referitoare la Univers din vremurile moderne îşi pot afla rădăcinile în înţelepciunea şi ideile anticilor. Şi multe dintre bătăliile de astăzi pornite de la dilema dacă universul nostru este centrul cosmosului sau doar unul dintr-o vastitate de universuri s-au purtat şi înainte.

Tatăl meu a fost cel care m-a introdus în evoluţia gândirii ştiinţifice. După ce a citit traduceri ruseşti ale unor cărţi englezeşti, tatăl meu le-a tradus şi mi le-a citit în albaneză. În fiecare duminică în care nu s-a aflat în exil, tata mi-a împărtăşit din cunoştinţele sale. Mai practică din fire, mama şi-a trimis cei doi visători intelectuali la Biblioteca Naţională, care avea un restaurant şi o cofetărie pe terasă şi trei etaje de arhive mai jos.

Chiar şi astăzi, mai simt mirosul linoleumului verde, văd balustrada scării în spirală pe care mă lăsam să alunec şi îl aud pe tata ţinându-şi seminarele de istoria gândirii ştiinţifice în faţa unui public devotat şi atent, format dintr-o singură persoană. Îmi erau dragi istorisirile despre vieţile şi activitatea filosofilor, despre marii gânditori care se contraziceau şi se ciondăneau,

uneori ajungând la confruntări fizice, pe teme cosmice. El a fost omul care m-a învăţat toate modalităţile de a vedea proverbiala pădure în ciuda miilor de copaci luaţi separat. Primul meu contact cu literatura occidentală interzisă şi cu evoluţia ideilor a avut loc prin intermediul traducerilor sale.

Rădăcinile gândirii cosmologice occidentale trebuie căutate în Grecia antică. Oricât de mult crede ştiinţa că a avansat, principalele şcoli de filosofie ale Greciei încă îşi găsesc ecouri în percepţiile noastre actuale privind organizarea universului şi a ceea ce se află dincolo de acesta. În multe privinţe, ideile noastre cele mai moderne despre univers au început acolo. În jurul anului 400 î.e.n., filosoful Democrit, care s-a născut într-o familie înstărită şi puternică, şi-a folosit averea pentru a călători în India, Egipt şi în toată regiunea mediteraneeană pentru a asimila cunoştinţe de la alte culturi şi de la alţi învăţaţi. De la mentorul său Leucip, a adoptat ideea potrivit căreia lumea era compusă din bucăţi de materie indivizibile (atomi) şi spaţiu gol (vid) prin care acei atomi se mişcă. Democrit credea de asemenea într-un univers determinist, în care toate evenimentele pot fi estimate şi anticipate cu certitudine desăvârşită. În lumea lui Democrit, mişcarea atomică era mecanică. Ea respecta un set de reguli şi era totalmente predictibilă.

Modelul democritic al creaţiei universului începe cu o mulţime de atomi care se mişcă în jurul vidurilor, apoi se adună laolaltă pentru a forma obiecte mai mari, cum ar fi stelele, planetele şi tot universul. Fiindcă există un număr infinit de atomi şi de viduri, acest proces poate fi repetat la nesfârşit pentru formarea multor universuri, fiecare sfârşindu-se când se ciocneşte cu un altul, moment în care este atomizat la loc în particule individuale. Prin urmare, Democrit a fost primul filosof occidental din istorie care a lăsat să se înţeleagă că lumea noastră ar putea face parte dintr-un multivers.

Platon, discipol al lui Socrate şi probabil cel mai influent gânditor din ştiinţa şi filosofia occidentală, a fost contemporan cu Democrit şi nu exagerăm dacă spunem că Platon l-a urât pe colegul său în ale filosofiei. Se spune că Platon detesta atât de mult ideile lui Democrit, încât ar fi vrut să ardă toate scrierile acestuia. Am citit stupefiată că Isaac Newton, la două mii de ani după aceea, a făcut la fel cu toate scrierile şi portretele colegului său în ale ştiinţei şi predecesor la Royal Society Robert Hooke, în încercarea de a face să dispară orice urmă a acestuia. Altminteri, este o temă recurentă. Multe conflicte pe teme ştiinţifice s-au repetat de-a lungul a trei mii de ani de istorie cu aceeaşi răutate, dedicare şi pasiune ca şi în epoca modernă.

(Deşi, probabil, cu mai puţin venin în perioada de dinaintea internetului.)

În vreme ce modelul lui Democrit descrie lumea materială în termeni de atomi şi viduri, Platon a adoptat o altă poziţie. El a postulat două niveluri de existenţă: lumea fizică, pe care o vedem în jur, şi un plan abstract, superior, al existenţei – forma sau demiurgul – care modelează şi menţine universul fizic.

Aristotel, elevul lui Platon şi strămoşul ştiinţelor naturale, a susţinut o concepţie diferită; în viziunea sa, cauza unui eveniment putea fi găsită în lumea fizică, astfel că nu era nevoie deloc de o putere superioară sau de un demiurg. Pentru a explica mişcarea planetelor şi stelelor fără intervenţia demiurgului, el a îmbrăţişat concepţia potrivit căreia universul ar fi o mulţime de sfere celeste eterice în rotaţie, de care planetele şi stelele erau „lipite”, Pământul fiind fixat în centrul sferelor. Eterul lui Aristotel era un material invizibil, asemenea cristalului, care umplea spaţiul. Universul lui era etern, fără început şi fără sfârşit, dar era limitat (spaţial) la circa de douăzeci de mii de ori dimensiunea Pământului.

Modelul lui a fost susţinut de sistemul geocentric elaborat de astronomul alexandrin Claudius Ptolemeu în secolul al 11-lea al erei noastre. În sistemul geocentric, Pământul stă în centrul universului.

Această viziune ptolemeică a mişcării planetare care are loc prin intermediul sferelor celeste rotitoare a dominat astronomia timp de aproape două milenii, până în perioada lui Galileo Galilei.

Dar Aristotel, Platon şi Democrit nu au fost singurii care au avut idei cuprinzătoare despre universul nostru. Mi se pare uluitor de pildă că în secolul al III-lea î.e.n., filosoful atomist grec Epicur a afirmat că există un „principiu de incertitudine" universal – cu mai bine de două mii de ani înainte ca acesta să fie postulat de Heisenberg! Epicur voia să afirme existenţa liberului-arbitru. El a argumentat că, dacă atomii ar avea un curs predeterminat şi predictibil, atunci experienţele din viaţa oamenilor trebuie să fie predeterminate, deoarece oamenii sunt şi ei alcătuiţi din atomi. Dar, a continuat el, dacă asta ar fi adevărat, atunci oamenii ar deveni pur şi simplu martori pasivi ai propriei lor existenţe, în loc să fie participanţi activi. Ceea ce nu este posibil.

În consecinţă, în locul unei lumi democritice, deterministe şi predictibile, Epicur a susţinut că universul este impredictibil şi indeterminist. El a postulat că natura permite abateri mici aleatorii sau devieri ale atomilor în viduri, ceea ce îi îndepărtează de la cursul lor predeterminat. La nivel colectiv, aceste deviaţii în grupurile de atomi, fie ele în oameni sau în

întregul univers, le-au făcut cursul nedeterminat, astfel încât se poate vorbi despre ei doar în termeni de şanse. Două aspecte incredibile legate de viaţa lui Epicur ies în evidenţă. Mai întâi, el a ajuns la raţionamentul lui pentru un principiu de incertitudine şi un univers indeterminist prin intermediul argumentelor pentru existenţa liberului-arbitru în cadrul moralităţii umane, însă în cele din urmă l-au făcut să stabilească principiul de incertitudine cuantică. În al doilea rând, multe dintre scrierile sale originale au fost conservate de un accident catastrofal – o bibliotecă de papirusuri cu opera sa a fost descoperită în reşedinţa unui senator roman bogat în timpul excavaţiilor din oraşul Herculaneum, în secolul al XVIII-lea. Papirusurile au fost conservate de cenuşa vulcanică rezultată în urma erupţiei Vezuviului din anul 79 e.n.

Importanţa operei lui Epicur în fizică şi etică nu poate fi subliniată îndeajuns. Thomas Jefferson se considera un epicurian, scriind următoarele: „Dacă aş avea timp, aş adăuga la cărticica mea texte în greacă, latină şi franceză, în coloane paralele, şi mi-aş dori să pot include o traducere a lucrării *Syntagma* de Gassendi despre doctrinele lui Epicur, care, în ciuda calomniilor proferate de stoici şi a caricaturizării lui Cicero, este cel mai raţional sistem rămas din filosofia anticilor, la fel de cumpătat în răsfăţ vicios şi la fel de prolific în virtute

ca extravaganţele hiperbolice ale sectelor rivale lui".

Filosofia lui Epicur a fost reintrodusă în lumea romană şi în filosofia occidentală de poetul Lucreţiu în poemul său epic *De rerum natura (Despre natura lucrurilor).* Spre deosebire de Platon, Epicur respingea nevoia intervenţiei divine în formarea şi organizarea universului. Asemenea lui Democrit, el considera lumea un infinit spaţiu şi timp, conţinând multe universuri – un multivers. Dar, spre deosebire de Democrit, Epicur credea că lumea nu are nicio certitudine.

Controversa fundamentală dintre o lume deterministă democritică şi una indeterministă epicuriană este în mare măsură aceeaşi care continuă până în zilele noastre. Cele două părţi au rămas într-o confruntare perpetuă, ambele tabere fiind împărţite de decenii între universul clasic de inspiraţie einsteiniană, în care fiecare eveniment poate fi estimat şi determinat, şi o teorie a multiversului cuantic despre un cosmos indeterminist care permite existenţa mai multor universuri.

Înainte de a ajunge în epoca noastră, aceste teorii ale Greciei antice au călătorit prin secolele care au trecut de atunci. În secolul al XIII-lea, viziunea aristotelică asupra cosmosului l-a fascinat pe teologul şi filosoful occidental Toma d'Aquino. Acesta a încercat să

reconcilieze paradigma aristotelică cu creştinismul. Continuând să respecte viziunea lui Aristotel, d'Aquino a postulat un univers care avea un început şi, prin urmare, a avut nevoie de intervenţia divină pentru a-şi începe existenţa.

În Polonia începutului de secol al XVI-lea, astronomul Nicolaus Copernic, într-un articol publicat chiar înainte de moartea sa survenită în 1543, a formulat sistemul heliocentric, în care Pământul era una dintr-un grup de planete aflate pe orbite în jurul Soarelui, deşi o mare parte din viaţa sa Copernic s-a codit să se desprindă de autoritatea aristoteliană şi a continuat să subscrie la sferele celeste ale lui Aristotel.

Câteva decenii mai târziu, în anii 1570 şi 1580, astronomul danez Tycho Brahe a descoperit că planetele, inclusiv Pământul, se mişcau într-adevăr pe orbite în jurul Soarelui. Cu ajutorul unor măsurători detaliate, el a demonstrat că traiectoriile planetelor ocoleau Soarele şi, prin urmare, traversau sferele cereşti. Pentru prima dată, au existat dovezi observaţionale care să pună sub semnul întrebării modelul aristotelian al universului. Matematicianul şi astronomul german Johannes Kepler (1571-1630) s-a inspirat din calculele lui Brahe şi a formulat legile mişcării planetare, confirmând poziţia centrală a Soarelui în sistemul nostru solar.

Dovada finală a venit de la Galileo Galilei, născut în Pisa în 1564. Acesta a aflat despre nou-inventatele telescoape construite de producătorii de ochelari din Olanda. Între 1608 şi 1609, el şi-a meşterit propriul telescop pentru observaţii astronomice. Folosindu-şi telescopul şi geniul, Galilei a confirmat oficial existenţa sistemului heliocentric, asigurându-se că Pământul nu va mai fi niciodată văzut drept centrul universului. (împreună cu această dovadă a modului de organizare a universului au venit eforturile de calculare a vârstei universului. În 1650, James Ussher, un episcop anglican irlandez erudit şi influent, a declarat că universul a început la ora 18 pe 22 octombrie 4004 î.e.n. Această declaraţie poate părea stranie astăzi, dar ideile lui au fost luate în serios până când cercetările geologice din secolele al XIX-lea şi XX au constatat că fosilele „groaznicelor şopârle", dinozaurii, care cândva au populat Pământul, erau cu milioane de ani mai vechi.)

Concepţiile aristotelice despre univers au fost în sfârşit trimise în subsolul ştiinţei de către Isaac Newton, un incontestabil gigant al fizicii şi, după cum a spus astronomul regal Lord Martin Rees: „cel mai bun student pe care l-a avut vreodată Universitatea Cambridge". În cartea sa *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica (Principiile matematice ale filosofici naturale),* publicată prima oară în 1687, Newton a dat omenirii o

teorie a gravitaţiei şi mişcării care demonstra că sistemul heliocentric era ţinut laolaltă de gravitaţie. Până în zilele noastre, teoria lui Newton continuă să furnizeze explicaţii pentru mişcările majorităţii obiectelor din univers şi de pe Pământ.

Dar Newton credea ferm şi, după cum Einstein avea să demonstreze mai târziu, incorect că spaţiul şi timpul erau cărămizile constituente absolute ale ţesăturii universului – altfel spus, ele erau întotdeauna acolo, ca un container permanent, un fel de găleată în care toate celelalte se mişcau şi existau. Teoria gravitaţională a lui Newton a dominat fizica până spre sfârşitul secolului al XIX-lea, când alte descoperiri din matematică şi fizică i-au determinat pe oamenii de ştiinţă să pună sub semnul întrebării acel model.

Newton era convins că spaţiul şi timpul erau o structură care se afla mereu acolo, susţinând universul şi mişcarea corpurilor cereşti ce făceau parte din el. Spaţiul şi timpul newtoniene se înfăţişau ca o placă rigidă, care nu-şi putea schimba forma oricâtă greutate s-ar fi pus pe ea. Einstein a văzut lucrurile în mod diferit şi ne-a schimbat profund felul în care înţelegem natura universului nostru.

Teoria relativităţii formulată de Einstein i-a fost superioară teoriei lui Newton (la fel cum teoria newtoniană i-a fost superioară modelului aristotelian –

aşa se întâmplă în istoria ştiinţei). Ea descrie un univers în care nu a existat nimic înainte de singularitate; altfel spus, un univers fără un ceasornicar absolut, un univers în care fiecare eveniment, cu excepţia creaţiei, poate fi calculat şi prezis cu certitudine.

Până în acel moment, geometria se bazase pe opera matematicianului grec Euclid, care a publicat lucrarea *Elemente* în jurul anului 300 î.e.n. Euclid a dedus principiile geometriei sale dintr-un set restrâns de axiome, începând cu „Cea mai scurtă distanţă dintre două puncte este o linie dreaptă”, o axiomă pe care o înţelegem cu uşurinţă. Într-adevăr, ştim că, dacă ar fi să mergem pe jos de la, să zicem, Institutul de Artă la Clădirea Wrigley din Chicago, calea cea mai scurtă n-ar fi un zigzag sau un cerc, ci o linie dreaptă de-a lungul Michigan Avenue.

Problema este că geometria euclidiană îşi pierde valabilitatea când este aplicată într-un spaţiu-timp curbat, cum este spaţiu-timpul universului nostru. Pentru a înţelege de ce, să ne imaginăm un moment că universul arată ca suprafaţa unei sfere, cam ca planeta Pământ. Pe acest univers sferic vrem să călătorim de la Chicago la Tokyo. Putem observa pe glob că drumul cel mai scurt care uneşte Chicago de Tokyo face parte dintr-un cerc care trece peste Polul Nord. Categoric, nu e o linie dreaptă. Motivul pentru care calea cea mai

scurtă este un arc de cerc este dat de curbura sferei. Dacă am fi aplicat geometria liniei drepte euclidiene la spaţiu-timpul curbat din exemplul nostru, am fi comis o eroare.

În ultima parte a secolului al XIX-lea, descoperirile din matematică, în special cele realizate de Riemann, Lobacevski şi Minkovski în domeniul geometriei neeuclidiene, au început să transforme fizica şi să creeze fundaţia pe care se putea construi o nouă teorie a universului. Începutul secolului XX a fost martorul celei mai importante revoluţii de până acum din istoria fizicii. Asemănător viziunii lui Platon cu cele două niveluri ale existenţei, fizica secolului XX a găsit şi ea două niveluri ale existenţei: lumea macroscopică, vizibilă, un singur univers determinist guvernat de teoria relativităţii einsteiniene; şi lumea microscopică nevăzută, locuită de atomi, electroni, particule şi unde, a cărei funcţionare este descrisă de mecanica cuantică. Dar elementul cel mai perturbator al unui univers cuantic nu este dimensiunea sa redusă, ci indeterminismul său, care înseamnă că toate evenimentele din el, inclusiv propria creaţie, sunt incerte şi bazate pe probabilităţi.

Şi acesta este punctul de la care a început povestea din cartea de faţă. Am văzut cum un univers cuantic bazat pe probabilităţi permite existenţa multor lumi –

adică a multiversului.

Călătoria din Antichitate până în mileniul al treilea poate părea lungă. Dar, dintr-o altă perspectivă, a durat circa 3,8 miliarde de ani până când viaţa a apărut pe Pământ. În alte patru miliarde de ani, galaxia noastră, Calea Lactee, va intra în coliziune cu Andromeda, o galaxie apropiată, un eveniment care probabil va duce la dispariţia planetei noastre. Chiar şi înainte de acel eveniment, luminozitatea crescută a Soarelui va încinge prea mult planeta noastră, iar viaţa aşa cum o ştim va dispărea în circa un miliard de ani.

Văzută la o astfel de scară, o perioadă de cinci mii de ani înseamnă doar o clipire. Şi totuşi, în acea clipire, omenirea, prin imaginaţie, observaţie şi curaj, a călătorit până la marginea universului şi la prima milisecundă a concepţiei sale din urmă cu 13,8 miliarde de ani şi a ajuns la o teorie a creaţiei universului nostru – o realizare de proporţii uluitoare. Astăzi, prin puterea fizicii, a observaţiei, a supoziţiei şi dovezilor matematice, putem să ne întoarcem în timp la momentul de dinaintea conceperii universului nostru.

Într-adevăr, astăzi am dobândit capacitatea de a călători dincolo de limitele propriului nostru univers, chiar dacă doar în gând. Dar probabil că procedând astfel am descoperit ceva mai important: că universul nostru şi însăşi existenţa noastră au luat naştere

dintr-un joc bizar al probabilităţilor cuantice şi că universul nostru este doar un membru umil al unei familii cosmice complexe, vaste şi uluitor de frumoase.

Când eram copil, părinţii mei închiriau în fiecare vară, pentru două săptămâni, un apartament de vacanţă lângă plaja din oraşul lor natal, Vlora, o cetate antică situată la ţărmul Mării Adriatice. Cunoscută sub denumirea de Aulona în epocile greacă şi romană, a rămas un loc special de vizitat chiar şi în perioada Albaniei comuniste din anii 1980. Spiritul Aulonei, întipărit în tradiţii, superstiţii şi peisajul local, dăinuie în afara timpului. Oraşul este protejat de un relief aspru alcătuit din munţi înalţi, ape turcoaz şi stânci negre care se întrepătrund în tăcere la apus. Este un loc perfect în care să visezi.

Activitatea mea preferată din fiecare seară a acestor vacanţe în familie era să stau singură pe nisip. Priveam la valurile care zăboveau la orizontul silenţios pentru ca apoi să se spargă ritmic de ţărm. La căderea nopţii, aşteptam până când linia care separa cerul de mare devenea neclară şi toate graniţele dispăreau. Desigur, toată lumea ştia că lumea de dincolo de orizont era strict interzisă acelora dintre noi rămaşi în spatele Cortinei de Fier. Dar stând acolo, pe întuneric, aveam libertatea de a-mi imagina. Erau oare copiii care trăiau pe celălalt ţărm al Adriaticii, în Italia, la fel de încântaţi

de marginea cerului şi a mării comune dintre noi?

În cele din urmă, tata venea şi el şi, fără să mă certe, se aşeza pe nisip lângă mine. Apoi eram doar noi doi într-o conversaţie domoală cu cerul. Nu după mult timp, îmi spunea că e timpul să plecăm, risipind astfel vraja blândă a mării şi a cerului.

În 2013, la douăzeci de ani după ultima călătorie a familiei noastre la Vlora şi în anul lansării satelitului Planck, m-am întors în locul meu preferat din Vlora cu fiica mea în vârstă de trei ani. Era încântată să se afle acolo, fără nicio grijă, fericită să împrăştie apă şi nisip în toate direcţiile. Ce uimitor, mi-am zis – cât de departe am ajuns în doar o generaţie pe plan politic şi ştiinţific! Fiica mea aparţine unei generaţii şi unei ţări care nu mai e nevoită să accepte limite în privinţa imaginaţiei şi descoperirilor. Poate trăi conform mottoului pe care tata mi l-a spus cândva: „Fără cunoaştere, existenţa este în van".

Şi cât de departe am ajuns în scurtul răgaz de la această călătorie! Să considerăm o clipă posibilitatea unui cosmos mult mai complex şi mai bogat, alcătuit din multe universuri – un multivers în care universul nostru este doar un singur şi umil membru dintr-un colţ îndepărtat al acestei vastităţi. Acea posibilitate permite calcularea matematică a unei game de valori pentru habitaţie; ne permite să comparăm obiectiv

şansele de existenţă a diferitelor universuri, în locul unei comparaţii defectuoase logic dintre un singur univers şi el însuşi, şi ne permite să deducem şi să explicăm originile noastre, nu să le postulăm pe considerente antropice. Ne lasă să întrezărim cosmosul de dincolo de orizontul nostru şi de dinainte de Big Bang. Şi, în loc să închidă uşa în faţa investigaţiei ştiinţifice, ne determină să avem o gândire mai cuprinzătoare şi mai îndrăzneaţă.

Cunoaşterea ştiinţifică pe care specia umană a acumulat-o până acum este un capitol glorios în cartea realizărilor speciei noastre. Dar următoarea frontieră a relaţiei dintre oameni şi natură – legi deasupra şi multivers dedesubt – aşteaptă să fie trasată. Când vom ridica stiloul, nimic nu ne va îngrădi – mai exact, nimic în afară de limitele propriei noastre imaginaţii.

Mulţumiri

Este! Am trecut linia de finiş, am scris cartea şi nu am făcut-o singură. Aş vrea să le mulţumesc numeroşilor prieteni, colegi şi membri ai familiei care au contribuit la definitivarea acestui proiect.

Mai întâi, le mulţumesc colaboratorilor ştiinţifici, dintre care sunt câţiva menţionaţi deja în paginile cărţii, pentru că au împărţit cu mine părţile pozitive şi

negative ale acestei călătorii de descoperire. De asemenea, îi sunt recunoscătoare profesorului Christian Iliadis, colegul şi prietenul meu de la UNC, pentru sprijinul său entuziast.

Un *mulţumesc* aparte se îndreaptă spre Peter şi Amy Bernstein, dragii mei prieteni şi agenţi de la Bernstein Literary Agency. Peter şi Amy, vă mulţumesc pentru îndrumări, încurajare şi ajutor direct în redactarea de mai multe ori a întregului manuscris, ceea ce foarte puţini oameni ar face. Şi vă mulţumesc pentru încrederea continuă în mine de-a lungul anilor.

Îi sunt recunoscătoare lui Alexander Littlefield, editor executiv la Mariner Books din cadrul Harpercollins, care mi-a fost mentor în procesul scrierii şi a reuşit să mă convingă să fac un lucru pe care nu l-am mai făcut înainte – să vorbesc despre mine însămi! Are nişte standarde profesionale provocatoare, dar în acelaşi timp grija excepţională, analiza atentă şi meticulozitatea pe care le investeşte în fiecare frază a cărţii au fost foarte utile şi motivante în timpul etapelor finale esenţiale ale redactării. Aş vrea de asemenea să-mi exprim recunoştinţa faţă de Stuart Williams, editor executiv, şi faţă de adjunctul său, Will Hammond, de la Bodley Head, Vintage Penguin, care au colaborat strâns cu Alex, acordându-i un sprijin editorial nepreţuit.

Îi mulţumesc mult lui Lyric Winik, care m-a ajutat răbdător să-mi redactez versiuni ale cărţii premergătoare formei finale.

Aş dori să-mi exprim recunoştinţa pentru ajutorul mai multor prieteni care au citit unele dintre variantele de început, oferindu-mi feedback şi sprijin: Phil Doran şi Nick Ward din Cambridge, Anglia; Rob Westermann şi David Ballinger din Statele Unite; şi Dhurata Sinani din Canada.

Susţinerea primită din partea familiei a fost extraordinară. Apreciez ajutorul soţului şi însoţitorului meu în această călătorie, Jeff Houghton, prima persoană care a citit, a criticat cu sinceritate când a fost cazul şi a redactat fiecare frază pe care am scris-o, asigurând totodată ajutorul necesar pe toate fronturile familiei când eram ocupată cu scrisul. De asemenea, mulţumiri deosebite fratelui meu, Aurel Mersini, fiului său (şi nepotul meu), Dominic, şi mamei mele, Stela Mersini, pentru sprijinul lor necontenit şi dătător de optimism, precum şi pentru comentariile lor sincere.

Şi, în ultimul rând, dar nu mai puţin important, aş vrea să le mulţumesc celor mai influenţi oameni din viaţa mea, cei cărora le este dedicată această carte şi care, prin iubirea şi sprijinul lor necondiţionate, nu mi-au îngăduit niciodată să îmbătrânesc.

Fiica mea excepţională, Grace Houghton, îmi umple

fiecare zi din viaţă de mândrie şi fericire. Deşi este încă un copil, optimismul ei molipsitor şi maturitatea mai presus de anii pe care-i are, iubirea şi încurajările ei sunt inspiraţia mea. Grace, aşa cum îmi spuneai când erai mai mică, te iubesc de-aici şi până la infinit, cu o dragoste mai mare decât multiversul!

Cititorii cărţii mele nu vor fi surprinşi să afle că influenţa cea mai mare asupra anilor de început ai vieţii a avut-o minunatul meu tată, prietenul meu cel mai bun şi un adevărat confident, Nexhat Mersini, care a murit în 2011. Tată, îmi lipsesc tăria ta calmă, înţelepciunea, bunătatea, integritatea şi prietenia ta. Cel mai mult îmi lipsesc lungile noastre conversaţii la câte un espresso triplu despre orice subiect interesant, fie el din ştiinţă, matematică, artă, poezie, filosofie, evoluţia ideilor sau muzică. Sper ca, prin intermediul poveştilor noastre, să-ţi fi cinstit cum se cuvine memoria.

Mulţumesc, tată!